научно–аналитический журнал

«ИННОВАЦИИ и ИНВЕСТИЦИИ»

№7 2026

Подписной индекс Роспечати: 65039
ISSN 2307-180X

Издается с 2004 года

Выходит ежемесячно

Журнал входит в Перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-63555
от 30 октября 2015 г.

Учредитель: *ООО «Русайнс»*
117218, Москва,
ул. Кедрова, д. 14, корп. 2

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Абдикеев Нияз Мустякимович, д.т.н., проф., директор ИППиИР (Финуниверситет);
Агеев Олег Алексеевич, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, директор НОЦ «Нанотехнологии» (ЮФУ);
Бакшеев Дмитрий Семенович, д.т.н., проф., (вице-президент РИА);
Буров Михаил Петрович, д.э.н., проф. кафедры региональной экономикии управлегния природными ресурсами (Государственный университет землеустройства);
Величко Евгений Георгиевич, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и материаловедение (НИУ МГСУ);
Гусев Борис Владимирович, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, президент (РИА);
Демьянов Анатолий Алексеевич, д.э.н., зам. директора Департамента транспортной безопасности (Минтранс РФ);
Добшиц Лев Михайлович, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и технологии (РУТ (МИИТ));
Егоров Владимир Георгиевич, д.и.н., д.э.н., проф., первый зам. директора (Институт стран СНГ);
Кондращенко Валерий Иванович, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и технологии (РУТ (МИИТ));
Левин Юрий Анатольевич, д.э.н., проф. (МГИМО);
Лёвин Борис Алексеевич, д.т.н., проф., президент (РУТ (МИИТ));
Ложкин Виталий Петрович, д.т.н., проф. (Технологический институт бетона и железобетона);
Мешалкин Валерий Павлович, д.т.н., проф., акад. РАН, зав.кафедрой логики и экономической информатики (РХТУ им. Д.И. Менделеева);
Поляков Владимир Юрьевич, д.т.н., проф., проф. кафедры мосты и тоннели (РУТ (МИИТ));
Попова Елена Владимировна, д.т.н., проф., проф. кафедры теории менеджмента и бизнес-технологий (РЭУ им. Г.В. Плеханова)
Саурин Василий Васильевич, д.ф.-м.н., проф. (Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН)
Сильвестров Сергей Николаевич, д.э.н., проф., засл. экономист РФ, Департамент мировой экономики и мировых финансов (Финуниверситет);
Соколова Юлия Андреевна, д.т.н., проф., ректор (ИНЭП);
Челноков Виталий Вячеславович, д.т.н. (РИА)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ:
Палениус Ари, проф., директор кампуса г. Керава Университета прикладных наук Лауреа (Финляндия)
Джун Гуан, проф., зам. декана Института экономики и бизнес-администрирования, Пекинский технологический университет (Китай)
Кафаров Вячеслав В., д.т.н., проф. Universidad Industrial de Santander (Колумбия)
Лаи Дешенг, проф., декан Института экономики и бизнес-администрирования, Пекинский технологический университет (Китай)
Марек Вочозка, проф., ректор Технико-экономического института в Чешских Будейовицах (Чехия)
Она Гражина Ракаускиене, проф., Университет им. Миколаса Ромериса (Литва)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Афанасьев Михаил Юрьевич, д.э.н., проф., зав. лабораторией прикладной эконометрики (ЦЭМИ РАН);
Афанасьев Антон Александрович, д.э.н., проф., вед. научн. сотр. лаборатории социального моделирования (ЦЭМИ РАН);
Брижак Ольга Валентиновна, д.э.н., доц., проф. Департамента экономической теории (Финуниверситет);
Валинурова Лилия Сабиховна, д.э.н., проф., зав. кафедрой инновационной экономики (БашГУ)
Касьянов Геннадий Иванович, д.т.н., проф., засл. деят. науки РФ, (КубГТУ);
Колесников Андрей Викторович, д.э.н., проф., чл.-корр. РАН, проф. Департамента бизнес-информатики (Финуниверситет);
Коровин Дмитрий Игоревич, д.э.н., проф., проф. Департамента анализа данных и машинного обучения (Финансовый университет при Правительстве РФ);
Косарев Владимир Евгеньевич, к.т.н., доц. Департамента анализа данных и машинного обучения (Финуниверситет);
Соловьев Владимир Игоревич, д.э.н., проф., заведующий кафедрой "Прикладной искусственный интеллект" (МТУСИ);
Криничанский Константин Владимирович, д.э.н., проф. кафедры финансовых рынков и финансового инжиниринга, главный научный сотрудник Института финансовых исследований (Финуниверситет);
Лавренов Сергей Яковлевич, д.полит.н., проф. (Институт стран СНГ);
Ларионов Аркадий Николаевич, д.э.н., проф., проф. кафедрой экономики и управления в строительстве (МГСУ);
Ларионова Ирина Владимировна, д.э.н., проф. Департамент финансовых рынков и финансового инжиниринга (Финуниверситет);
Мазур Наталья Зиновьевна, д.э.н., проф., проф. кафедры инновационной экономики (БашГУ);
Мумладзе Роман Георгиевич, д.э.н., проф., (РГАЗУ);
Никишкин Валерий Викторович, д.э.н., проф. (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Носова Светлана Сергеевна, д.э.н., проф. (НИЯУ МИФИ);
Сулимова Елена Александровна, к.э.н., доц. (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Тихомиров Николай Петрович, д.э.н., проф., засл. деят. науки РФ, проф. кафедры математических методов в экономике (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Тургель Ирина Дмитриевна, д.э.н., проф., зам. директора по науке ВШЭиМ (УрФУ им. Б.Н. Ельцина);
Юденков Юрий Николаевич, к.э.н., доц., (МГУ им. М.В. Ломоносова)

Главный редактор:
Сулимова Е.А.,
канд. экон. наук, доц.

Адрес редакции:
117218, Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2
Сайт: www.innovazia.ru
E-mail: innovazia@list.ru

Отпечатано в типографии ООО «Русайнс»,
117218, Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2
Подписано в печать 30.07.2026.
Тираж 300 экз. Формат А4. Свободная цена

Все материалы, публикуемые в журнале, подлежат внутреннему и внешнему рецензированию

Содержание

УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ

Модель повышения инновационного потенциала экосистемы прикладных научных исследований региона. Аракелян А.М., Тюкавкин Н.М. 5
Малые инновационные предприятия, их роль и место в современных финансах России. Георгиев Г.А., Баженов О.В., Надобников Е.В. 8
Инновационная деятельность в экосистеме индустриального парка: участники, функции и риски. Горовой А.А., Зайцев Д.В. 12
Роль инновационных кластеров в развитии малого инновационного предпринимательства (на примере фармацевтической отрасли Калужской области). Злобин Н.О. 15
Инновационный контур интеграции цифровых HR-инструментов в систему управления организацией. Кузовихин А.А. 19
Развитие методов управления инновациями в сфере информационно-коммуникационных технологий: регионально-отраслевой аспект. Лавров В.С. 23
Роль и потенциал инновационных технологий в менеджменте современных образовательных организаций на примере школьного образования. Полукарова Е.А. 26
Управленческий инструментарий предварительного отбора инновационных стартап-проектов в условиях цифровой трансформации здравоохранения. Саакян А.К. 30
Опережающее развитие организации на основе модели управления наращиванием инновационного потенциала. Назюта С.В., Чурсин А.А., Шиболденков В.А., Таржманова Р.Ш. 33
Цифровизация оценки образовательных результатов: инновационные решения и возможности формирования баз данных успеваемости. Титов В.Е. 38
Повышение эффективности деятельности компаний на основе внедрения инновационных управленческих решений. Хайдар Фаузи, Семенова Ю.Е. 42
Технологические инновации для углеродной нейтральности в контексте устойчивого развития промышленных предприятий. Чу Янь 46

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Риск-профиль проекта как новый инструмент оптимизации предынвестиционной фазы проекта. Труба А.С., Бутова Т.В., Войтюк В.Н. 50
Развитие методологии оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Евсеев Н.Р. 54
Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля в условиях рыночной неопределённости. Игнатиков Г.С., Попова Т.А. 57
Механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства в регионе. Овсянко Л.А., Москаленко С.В. 60
Режим-зависимая модель динамической оптимизации инвестиционного портфеля: эмпирический анализ российского финансового рынка. Наталенко С.В. 64
Оценка условий государственной поддержки крупных инвестиционных проектов на примере медной промышленности. Наумов И.А., Пастернак С.Н., Маринина О.А. 68
Методические подходы к комплексной оценке текущего уровня инвестиционной привлекательности компании. Никитина Е.А., Смородин И.И., Дмитриева Д.Д. 73
Инвестиционная привлекательность проектов в газовой сфере: факторы окупаемости и ограничения развития. Сикорский А.И. 78
Формирование инвестиционной политики новых субъектов РФ в условиях санкционных ограничений. Юрина Т.С. 82

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ ЭКОНОМИКИ

Предпринимательская деятельность сквозь призму буддийской философии. Аксенова М.Д. 85
Роль паровых машин в эффективности тушения пожаров в столице Российской империи. Бородин М.П. 88
Теоретические аспекты прогнозирования региональных экономических систем в условиях пространственной дифференциации. Клоков М.Д., Лебедев К.А. 92
Исследование ценности цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта. Ли Ячжэн 95

МИРОВОЙ ОПЫТ

Энергетическая безопасность в условиях новой геополитической реальности: расширение понятия и современные угрозы. Арасланов Р.Ф. 98
Цифровые платформы как фактор трансграничной экономической интеграции ЕАЭС. Волков Г.А. 100
Развитие регуляторной среды цифровых финансовых активов в условиях цифровизации рынков ценных бумаг США и России. Жалилов Т.М., Белова Л.Г. 104
Исследование оценки уровня развития экономики пограничных пропускных пунктов Синьцзяна (Китай) в рамках концепции Высококачественного развития Китая. Жэзия Амэнь, Баянь Адили 108
Эффективность реализации национального проекта «международная кооперация и экспорт» в регионах Сибирского федерального округа. Карасева Д.Н. 112
Специфика мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности. Кузьменко С.С. 114
Диагностика зрелости систем управления процессно-ориентированных организаций (на примере компаний нефтегазовой и энергетической отраслей РФ). Пакунова В.А. 118
Нормативно-правовое регулирование внешней торговли товарами АПК стран Евразийского экономического союза. Патрушев Г.А. 121
Трудовая миграция как фактор сбалансированности российского рынка труда: экономическая оценка влияния и направления регулирования. Попов Д.А. 125
Трубопроводный газ и энергетическая безопасность Китая: сравнительный анализ поставок из России, Туркменистана, Казахстана и Мьянмы. Тимонин И.И. 128
Тенденции мирового рынка нефтепродуктов: анализ текущей ситуации и факторов роста. Уленгова Т.Г. 132
Создание единых ценовых бенчмарков в рамках БРИКС: вызовы и возможности для России в условиях фрагментации мирового рынка. Фомин Д.Е. 135
Теоретические механизмы влияния изменений демографической структуры на экономический рост в странах Восточной Азии. Цзян Лин 138
Товарная и географическая структура импорта зерна в КНР: тенденции, риски, оптимизация. Чжан Ибо 143
Глобальная динамика выбросов CO_2: тенденции, вызовы и перспективы. Чу Янь 147
Энергопереход ФРГ: системные вызовы и коррекция траектории устойчивого развития. Южелевская М.В. 150
Анализ энергетической мировой политики на основе трендов Китая и Ближнего Востока. Коленкова А.И., Харланов А.С. 154
Модели адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации. Попадько Н.В., Бибихин А.Д. 158

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ. МЕНЕДЖМЕНТ. МАРКЕТИНГ

Внедрение технологии цифровых двойников для оптимизации процессов складской логистики предприятия. Калимуллина О.В., Кораблев А.В., Алексеева А.В., Кораблев М.А., Никитина В.В. 162
Эволюция ESG-коммуникаций российских компаний с государственным участием: от глобальных стандартов к национальной институциональной модели. Алтухов А.С. 167
Организационная культура как фактор перехода компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели развития. Аль-Хамид Малек Джамаль. 171
Корпоративный бренд как управленческий актив предприятия сферы ресторанных услуг. Аствацатурянц В.В. 176
Совершенствование политики привлечения персонала в условиях трудодефицитной конъюнктуры рынка на примере торговой сети «Пятёрочка». Березовский К.С. 179
Цифровые технологии в управлении конфликтами в организациях строительной сферы. Егорова Л.И., Гераськина И.Н., Аксенова А.И. 182
Роль социальных сетей в формировании потребительских предпочтений. Годин В.В., Ежова Л.А., Ойнер О.К., Шишкин А.В. 186
Основы удешевления приборостроительной бесконтактной индустрии за счет применения замещающих устройств. Епифанцев К.В. 189
Поддержка управления для компании, предоставляющей рассрочки, на основе анализа и визуализации данных. Фролов Ю.В., Жидков А.Л. 193
Экосистема стартап-культуры в образовательной организации: структура, участники и механизмы формирования предпринимательских намерений студентов. Зинин М.В. 198
Обеспечение роста кадрового потенциала в области биотехнологий. Кетоева Н.Л., Иванова Ю.И. 201
Гуманистический вектор в управлении девелопментом продукта. Стоянович Далибор, Карамян И.Р. 206
Методический подход к выявлению компонентов внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации. Карпоева А.А. 209
JTBD как инструмент стратегического управления продуктом в инновационных компаниях. Кирсанов Д.В. 213
Развитие креативности в высокотехнологичных компаниях. Клюева В.А., Лисицына Г.В. 216
Методические аспекты оценки кадровых рисков в оптовых компаниях. Кожин В.Г. 220
Трансформация бизнес-моделей электронной коммерции под влиянием технологий искусственного интеллекта: от операционной эффективности к экосистемной конкуренции. Коржаков В.А. 224
Модель оптимизации товаропотоков и документооборота на объектах таможенной инфраструктуры на основе технологии цифрового двойника. Кустов Н.Э. 227
Система показателей риск-ориентированной оценки эффективности НИОКР промышленного предприятия. Лубенец М.В. 230
Первичный портрет участника как аналитико-расчётная основа дифференцированного управления адаптационным процессом человеческих ресурсов. Лукьянова В.А. 233
Исследование механизмов реализации стратегической концепции управления техническим состоянием активов в транспортном и логистическом секторах. Майоров Е.Е. 237
Использование цифровых двойников для повышения работоспособности логистических систем. Майоров Е.Е. 240
Сопротивление персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях. Моттаева А.Б., Хамзин А.Х. 243
Диагностика и оценка конфликтных ситуаций в процессе организационных изменений в ИТ-компаниях. Моттаева А.Б., Хамзин А.Х. 246
От детерминизма к адаптивности: синергетическая модель корпоративной системы управления проектами в условиях неопределённости. Орлеанский Ф.А., Толмачев О.Л. 249
Модели управления строительными процессами на основе цифровых платформ. Пелешок А.А. 252
Методика управления формированием и развитием управленческих кадров организаций, занимающихся разработкой программных продуктов. Польдвей Р.Г. 255
Разработка организационно-управленческой модели формирования управленческих кадров для ИТ-организаций в условиях цифровой трансформации. Польдвей Р.Г. 258
Барьеры цифровой трансформации бизнес-систем: категории, степень влияния на процесс. Селивёрстов Ю.И., Рогожников Б.А. 261
Исследование теоретических основ феномена волонтерства и деятельности волонтерских организаций. Самоделкина М.А. 266
Современные методы реструктуризации промышленных предприятий. Сапар Кайырбек Сеипилулы 269

Расширенная классификация управленческих рисков некоммерческих медиаорганизаций в условиях цифровизации и санкций: инструмент перехода от реактивного к проактивному управлению. Сваид Симон 273
Разработка механизма управления устойчивым развитием промышленных предприятий на основе интеграции информационных технологий. Со Пьей Хейн, Бадалова А.Г. 276
Человеческий капитал в межпоколенческом измерении: сравнительный анализ классических и современных теорий. Сологуб В.В. 279
Гибридный нейросетевой метод мониторинга качества процессов повышения устойчивости производственной инфраструктуры в условиях негативных техногенных воздействий. Туманов А.Ю. 283
Обеспечение качества процесса мониторинга производственной инфраструктуры в условиях негативных внешних воздействий с применением гибридных нейросетевых моделей. Туманов А.Ю. 287
Перспективы применения метода организационно-технологической надежности для оценки контрольно-надзорных мероприятий реконструкции. Карпушко Е.Н., Щекочихина Е.В., Фетисов М.В., Ульянов Н.С., Власов О.В. 290
Влияние сетевых эффектов на клиентский опыт на примере рынка онлайн-ритейла. Ушаков К.А. 294
Экономическая оценка эффективности цифровых инструментов снижения конфликтных рисков персонала в организации. Хайрутдинов Р.И. 298
Автоматизация и управление в эпоху Индустрии 4.0: роль искусственного интеллекта. Шаховской А.В., Гончаров А.В., Ротанов Е.Г., Соколов И.В. 303
Трансформация коммуникативных практик государственной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья. Александрова Ю.А., Агула Е.Ю. 306
Развитие системы мотивации персонала в нефтегазовых компаниях на основе теории поколений. Колпаков П.А., Салионова П.А. 310
Сопротивление персонала как препятствие к проведению организационных изменений в организации. Балакирева С.М., Аксенова Е.В. 314

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕЙ И РЕГИОНОВ. ГОСУДАРСТВЕННОЕ И МУНИЦИПАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Развитие рынка труда IT-специалистов в условиях цифровизации экономики России. Алексеенков И.С. 317
Концептуальная модель комбинированного проекта государственно-частного партнерства при создании объектов социальной инфраструктуры. Беляева А.А. 320
Подходы к интеграции информационных систем в компаниях строительной отрасли в условиях импортозамещения. Демченко А.О., Соколова Д.Ю., Соколов Д.В. 324
Индексный метод в анализе двусторонних торгово-экономических отношений. Егиазарян А.Р. 327
Эффективность интеграции технологий искусственного интеллекта в управление производством предприятий легкой промышленности. Еромчик М.С., Силакова В.В. 331
Методика оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации. Жихарев Е.А. 334
Цифровые риски как фактор ограничения эффективности производственных процессов на высокотехнологичных предприятиях. Земенков Н.С. 339
От национальных норм к всеобъемлющему цифровому мониторингу: сравнительный анализ систем прослеживаемости пищевых товаров в России и Китае. Иванова Н.Е. 343
Перспективы развития животноводства в Запорожской области. Кальченко С.В., Перепелица О.Ю. 346
Организационно-экономическая архитектура цифрового модуля «Пространственная связность» как инструмента параметрического управления трудовой мобильностью. Кондратьев Р.А. 349
Классификация технических решений как основа двухконтурного подхода инженерного прогнозирования эффективности их внедрения в судостроительной промышленности России. Кох Л.В., Тепляшина А.М. 353
Диагностика ограничений воспроизводства кадрового потенциала и прогноз структурного дефицита в судостроительных кластерах. Куровский С.В., Мишин Д.А., Вахланов Р.Ю. 358
Измерение сбалансированного развития НТИ: межстрановая модель координации связей. Лю Фанчэнь 362
Стратегическая перенастройка внешнеэкономической деятельности российских промышленных компаний в условиях новой геоэкономической конфигурации. Овчинников Д.Н., Муртузалиева С.Ю. 366
Цифровые технологии информационного моделирования BIM как фактор повышения конкурентоспособности вузов строительного профиля. Набиев Д.Н., Шаповалов Д.М. 370
Методика формирования композитных индикаторов конкурентоспособности вертолетной техники на этапах тендерного отбора. Насенкова Э.И. 374
Оценка экономической эффективности ESG-трансформации арктических нефтегазовых проектов. Павликов И.И. 377
Драйвер роста экономики Российской Федерации: через монополизацию рынков сбыта и производств в Центральной Азии. Полонов А.А. 381
Развитие системы авиационной безопасности Кыргызской Республики в условиях модернизации гражданской авиации. Салморбекова Р.Б., Исмаилова Ж.К., Жунушалиева К.А., Сапарбекова А.Ж. 384
Системный подход в управлении удаленными и труднодоступными территориями. Сердечный Д.В., Гончарова Е.А., Кузьменко М.Д., Чикина В.С. 388
Уточнение понятийного аппарата предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна. Ткаченко Д.Д. 392
Трёхкомпонентная структура спортивной услуги и разрывы развития отрасли: интерпретация экстенсивного роста и территориальной асимметрии. Хабаров Д.А., Соболевская О.В. 396
Анализ развития АПК РФ. Халяпин А.А. 400
Учет гетерогенности регионов в региональном прогнозировании с использованием науки о данных. Чупин Е.А. 405
Барьеры развития угледобывающей отрасли в региональной экономике: логистические, рыночные и экологические ограничения (на примере Забайкальского края). Щадов В.М. 409
Модель оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения. Юдин В.А. 412
Экономическая эффективность освоения трудноизвлекаемых углеводородов России: проблемы и перспективы. Пашинин О.А. 416
Риск-ориентированный мониторинг реализации государственных программ субъекта Российской Федерации: инструменты оценки и предупреждения отклонений. Евлоев А.-М.Д., Сопилко Н.Ю. 420
Преимущества и риски внедрения платформенных экосистем: стратегические рекомендации для бизнеса. Семешкин Н.И. 423

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Влияние аудионаправляющих и визуальных сигналов на успешность выполнения практических задач в виртуальной среде. Гаврилов С.В., Пономарёв Н.А., Абдюшева А.Д. 425
Сравнительный анализ и настройка современных NLP-моделей для обработки профессиональных текстов (на примере клинических данных). Аллити Д.Б., Ильин И.В. 428
Анализ вариантов предпускового разогрева дизель-генераторной установки снегоуборочных машин СМ-2 при низких температурах в условиях Дальневосточной дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин. Буланов А.К., Вайнер Л.Г. 432
Функциональные требования к проектированию голосового робота-помощника для работы в информационной системе. Васильев М.С. 436
К вопросу о миграции данных в условиях перехода программных модулей на отечественную платформу. Васильев М.С. 439
Ресурсно-экологические проблемы обогащения оловянно-полиметаллических руд в Хабаровском крае и пути их решения. Волосникова Г.А., Золотов А.М. . 442
Модернизация мобильного лабораторного комплекса контроля качества моторного топлива для снижения экологических рисков (на примере АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт»). Бояршинова Ю.В., Волосникова Г.А. 447
Безопасность использования публичных сетей Wi-Fi: угрозы, меры защиты и оценка эффективности. Круглов А.М., Ухинова Н.Н., Воронович О.А., Едличко М.В. 452
Опыт регулирования социальных сетей в Китае: кейс Xiaohongshu и возможности адаптации в России. Выходцева Е.А., Карпачева В.А., Долматович И.А., Геокчакян А.Г., Яхъя Лайс 455
Методы повышения отказоустойчивости в распределенных сервисах. Галанина В.А. 458
Автоматизация нормативного подбора технологии очистки природной воды с использованием программного комплекса Aquaselect. Боронина Л.В., Продоус О.А., Оганян А.В., Симонян П.С., Добринская А.А. 461
Комплекс технологий газификации отходов без выбросов и захоронений для здоровья человека, животных и природы. Жарков И.В. 465
Применение нейронных сетей класса автоэнкодер в научных исследованиях. Карпов Д.С., Карпова З.М. 468
Современные методы модуляции на базе OFDM для систем видимого диапазона связи: анализ и перспективы развития. Касаткин Д.В. 472
Оптимизация запросов субд на основе метода машинного обучения. Климов С.Э., Климов И.С. 476
Методы оптимизации запросов для повышения эффективности СУБД. Мокрова Н.В., Климов И.С. 480
Программные эвристики для контроля LLM-агента в задаче патентного поиска: от плана поиска к итоговому отчету. Полулях В.В., Стучилин В.В. 483
Аналитические оценки емкости пула плат для FPGA-FaaS с динамически генерируемыми оболочками. Степаниденко Д.С., Штрекер Е.Н. 487
Абстракция и изоляция памяти пользовательских функций в FPGA-FaaS с динамически генерируемыми оболочками. Степаниденко Д.С., Штрекер Е.Н.. 490
Энергетическая эффективность различных способов механического обезвоживания осадков производственных сточных вод. Тиан Ивэнь 493
Определение параметров механизма подъёмника ножничного типа в роботах-уборщиках в гостиничном хозяйстве. Чернышев А.Д., Метельский Г.И., Филькин В.В., Капитонов В.С., Щербинкина И.Н. 496
Применение методов интеллектуального анализа данных для оптимизации работы информационных систем. Шевняков С.В., Панков К.А., Афанасьев А.В., Малеев В.А. 500
Комплексный подход к обеспечению безаварийной эксплуатации металлических ферм покрытия на основе обследования и автоматизированного мониторинга. Шувалов А.Н., Патеев Д.Р., Зарецкий Е.А., Морозов А.В. 503
Перспективы цифровизации систем электроснабжения скоростного трамвая: интеллектуальные подстанции и адаптивные алгоритмы управления нагрузкой. Ященко Д.С., Саможей О.С. 507
Сравнительная оценка экономической эффективности PDC-долот со стальным и матричным корпусом в условиях российского рынка. Полаева Г.Б., Хусейнов Р.В. 511
Гибридный метод обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак на вычислительные системы. Борисовская О.В., Борисовская А.А. 514
Снижение экономических потерь сетевой (цифровой) компании от нагрузочных компьютерных атак на основе гибридного нейросетевого метода. Борисовская О.В., Борисовская А.А. 517
Система крепления оборудования передвижной дорожной лаборатории «АДС-МАДИ». Никитаев М.М., Варшавский С.В., Соловьев М.А. 520

ФИНАНСЫ. НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ. СТРАХОВАНИЕ

Адаптивное регулирование цифровых финансовых активов в России: новые возможности для инвесторов. Акбашева Д.Н., Маняхин Т.В. 524
Комплексная модель оценки стоимости компании на основе синтеза модифицированных подходов. Дуринин П.Д. 526
Динамика российского рынка страхования жизни в 2017–2024 годах и предпосылки введения долевого страхования. Попова Т.А., Ермошенко С.А. .. 529
Цифровизация цепочек создания стоимости в добывающих отраслях: Возможности для повышения прозрачности, подотчетности и справедливости в развивающихся странах. Злобин Н.О. 533
Зеленое финансирование как драйвер ESG-трансформации промышленных предприятий: сравнительный анализ стратегий банков Китая и России (2021–2025 гг.). Кочеткова Д.В. 537

Анализ эффективности финансирования оборотов предприятия с использованием авансовых платежей. Лагуновская Е.О. 540
Разработка и оценка мероприятий по повышению финансовой устойчивости организаций строительной отрасли России. Начев П.В. 544
Концепция интегральной оценки финансовой эффективности внешнеэкономических сделок предприятий. Пермяков М.В., Гутин Е.М. 547
Оценка устойчивости финансового состояния российских корпораций к внешним макроэкономическим шокам на основе сценарного анализа. Княжев У.В. 551

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, СТАТИСТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Математические модели глобального экономического развития в многополярном мире: обзор подходов и перспективы методологического синтеза. Агеенко И.Ю. 555
Сегментация образовательных данных студентов по набору валидационных метрик. Стамплевская М.М., Владова А.Ю. 560
Применение методов обучения с подкреплением к экономическим моделям с элементами оптимального управления. Делёв А.П., Аникин Р.А., Суслов Е.П., Колузанов Ф.Э., Смольянов Б.Д. 564
Методы вероятностного градиентного бустинга в прогнозировании параметров распределения доходностей финансовых активов. Еникеев Э.М. 567
Разработка системы поддержки принятия решений для устойчивого развития региона. Ильясов Р.М. 570
Интегральная оценка эффективности системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке в условиях цифровой экономики. Кравченко М.Н. 574
Развитие экономического анализа хозяйственной деятельности путем разработки методики построения субординированной управленческой аналитики. Круглова А.С. 579
Моделирование взаимосвязей на рынке дентальных имплантатов на основе асимметричной векторной авторегрессии. Лежнин Д.С. 583
Влияние пандемии COVID-19 на предприятия Республики Саха (Якутия): байесовский анализ и кластеризация 2017–2024 годов. Местников С.В., Солиман Мохсен 585
Методы моделирования и представления бизнес-процессов в интерактивных образовательных средах. Овчинникова О.П., Савина А.Ю., Сошникова П.О. 589
Методология интеграции искусственного интеллекта и больших данных в корпоративную систему управления проектами: архитектура и алгоритмы. Орлеанский Ф.А. 593
Сравнительный анализ ансамблевых и линейных моделей машинного обучения в задачах прогнозирования отклонений по бюджету и срокам реализации межотраслевых инновационных проектов. Теслюк В.С., Рубцов А.М., Теткина Е.В. 596
Алгоритмическая прозрачность как фактор доверия к ИИ в государственном управлении: разработка и апробация индикативной модели оценки. Руденко М.И. 600
Выбор базовых алгоритмов машинного обучения для гибридной модели кредитного скоринга. Федулов И.А. 604
Двухэтапная модель прогнозирования мультитаргетных событий в условиях экстремального дисбаланса классов. Ширинова Р.А., Щукина Н.А. 607

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

От периодически затапливаемого поселения к амфибийному городу-губке: архитектурная типология жизни с водой. Корси М.В. 610
Технологическая схема SCAN-to-BIM для реконструкции многоэтажных зданий. Ивакина Ю.Ю., Сергеева С.Ю., Баталов К.С. 613
Сохранение исторических часовен XVII-XX века на территории Новгородской области. Баулина Е.Н., Тимофеева Ю.В. 617
Формирование застройки исторического центра в Царском Селе (на примере квартала, ограниченного улицами Московской, Набережной, Малой и Конюшенной). Баулина Е.Н., Павловская В.Ф. 621
Проблемные аспекты сохранения исторических зрелищных зданий на примере двух русских драматических театров Казани. Мусина К.И., Беденко И.В. 626
Влияние выбора теннисных покрытий на формирование функционально-планировочного решения теннисных академий. Шамаева Т.В., Боршкова К.А. 630
Сравнительный анализ эконометрических и машинно-обучающих методов прогнозирования макроэкономических показателей. Гладких Р.Е., Тевяшов М.М., Селиверстов А.В., Алексеев А.И. 634
О ревитализации объектов культурного наследия (на примере дачи Безобразовой в Санкт-Петербурге). Гордеева Т.Е., Башкирова Е.А. 637
Ревитализация объектов промышленной архитектуры XIX века: концепция преобразования мельницы купцов Бобровых (вблизи Протвино) в реабилитационный центр. Городова М.Н., Гутникова А.А. 641
Особенности работы с облаком точек в современных программных комплексах. Гурьева Ю.А. 645
Факторы трансформации архитектуры аграрных объектов России. Дрёмин В.Д. 649
Экономическая оценка и механизмы модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления: кейс капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь». Тимофеева Р.А., Дьячук Ф.А. 654
Поведение балки из легковесного бетона на основе керамзита при изгибающим моменте. Жаззан Муханнад, Маркович А.С., Кбейли Джаафар, Обейд Махмуд Абдельсалам Ареф. 658
Фрактальная математика и геометрия в архитектурной орнаментике Ирана. Хаддади Марьям, Исломова А.Д., Городова М.Н. 661
Детская инфраструктура в системе жилой среды на примере крупных городов мира: Хельсинки, Копенгаген и Лондон. Виленский М.Ю., Калинина П.В. 666
Канонические и литургические основы организации сакрального пространства. Лаврентьев А.А., Лаврентьев И.А., Насыров Н.Р., Карпусь О.С. 671
Архитектурные барьеры устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане. Кисси Юджин Нейзер 674
Реконструкция массовой малоэтажной типовой застройки 1960–1980-х годов в малых городах России: принципы гибридизации функций и климатической адаптации. Кузьмин Р.Б., Акчурин Ю.Р. 678
Оптимизация технологических решений при устройстве внутриплощадочных инженерных локальных и автономных сетей для модульных зданий с учетом заложенных проектных возможностей их надстройки и пристройки. Луков А.В. 681
Архитектурно-планировочная модель автономного поселения Крайнего Севера с интегрированной энергетической инфраструктурой. Мареева А.А. 685
Предпосылки формирования архитектурного стиля скандинавских стран в XX веке. Михайлов И.В., Манукян В.А., Городова М.Н. 689
Формирование пространственных и социальных качеств жилой среды в современной застройке средней этажности. Баженова Е.С., Мытницкая М.Л., Бондаренко Е.Р., Колобякина А.А., Мазанов К.М. 693
Интерьеры общественных пространств как динамические системы: принципы адаптации с использованием технологий искусственного интеллекта. Наумова К.Б., Булгакова Е.А. 969
Архитектурные особенности кирпичных объектов культурного наследия Оренбурга. Гурьева В.А., Блинкова Ю.В., Одинцов А.Р. 699
Исследование стойкости бетонов с органоминеральными добавками к воздействию хлоридов и карбонизации. Петруновский Д.В. 702
О траекториях развития творчества представителей направления «бумажная архитектура». Пилипенко В.И. 706
Планирование и проектирование системы газоснабжения сельского населенного пункта. Ефремова Т.В., Платонов А.А. 710
Проблемы и перспективы развития Шарташского лесного парка. Попова И.Н., Иванова О.Г., Вьюхин М.В. 712
Комплексный подход к дизайну архитектурной среды коттеджных поселков Юга России, на примере города Каменск-Шахтинский. Резницкая Л.М., Харсеева В.М. 715
Зоны влияния транспортно-пересадочных узлов на примере ТПУ «Московский проспект» в г. Санкт-Петербург. Семенова У.Н., Боброва Е.Г. 720
Методы структуризации квартальной жилой застройки исторической части города на примере Москвы. Сиротин В.И. 724
Влияние теплоизоляции дымохода на потери теплоты газовых котлов внутреннего размещения. Ефремова Т.В., Скоков А.А. 729
Причины нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей. Смирнова Т.И., Залипаева О.А. 732
Метод повышения безопасности конструкций реконструируемых зданий и сооружений (на примере многоэтажного общественного здания исторического района городской среды). Сойту Н.Ю., Алейникова М.А. 735
Радиационная стойкость конструкционных материалов марсианской научно-исследовательской базы: анализ механизмов взаимодействия и стратегий защиты. Флоренский В.М., Белов В.В. 739
Автоматизация трассировки инженерных коммуникаций на основе алгоритмов искусственного интеллекта в рамках ТИМ/BIM-среды. Фролова А.А., Валюх А.Б., Антонов А.И., Коньков В.А., Хромов П.С. 744
Потенциал оранжерейных объектов в формировании круглогодичных общественных пространств городов Сибири. Цыбульский И.Д. 748
Методы сейсмоусиления железобетонных конструкций зданий в Марокко. Шаоуи Айа, Абу Махади Мохаммед Ибрагим 752
Механические свойства и долговечность бетона с переработанными заполнителями. Шаоуи Айа, Абу Махади Мохаммед Ибрагим 756
Сравнительный анализ видов фибробетона по типу армирующих волокон в системе архитектурного декора. Шарипов Х. 760
Применение UML-моделирования для структурирования процессов строительного контроля. Шахраманьян А.М., Филиппов А.А. 764
Использование принципов лиминальности в ревитализации постиндустриальных пространств. Шефер В.В. 768
Театрально-концертные залы Йемена: между традицией и современностью. Губран Абдулмалек Али Абдо Абдуллах 773
Особенности перемещения потоков воздуха с вредными примесями в пространстве подземной автопарковки. Корнев Н.А., Титков Д.Г., Рымаров А.Г. 775

Модель повышения инновационного потенциала экосистемы прикладных научных исследований региона

Аракелян Армен Мкртичевич
соискатель, кафедра экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
armen_ibs@mail.ru,

Тюкавкин Николай Михайлович
д.э.н., профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, tnm-samara@mail.ru

Статья посвящена обоснованию содержания модели повышения инновационного потенциала экосистемы прикладных научных исследований региона. В условиях геополитической нестабильности механизмы управления ими исследованы в недостаточной степени, что препятствует эффективному функционированию инновационных экосистем в региональных, отраслевых и национальных проектах. В работе проанализированы цифровые инновационные экосистемы и установлено, что **г**лавной целью развития инновационного потенциала является создание цифровой среды для коллаборирования участников инновационных процессов. Особое внимание уделено передовым технологическим решениям, способствующим достижению требуемых эффектов – катализаторов инновационно ориентированного экономического роста регионов. На основе проведенного анализа предложен концептуальный подход к формированию модели повышения инновационного потенциала экосистемы прикладных научных исследований региона и авторская гипотеза ее построения. Сделан вывод о том, что использование данной модели окажет благоприятное воздействие на ускорение оборота знаний, необходимых для создания прорывных инноваций.
Ключевые слова: инновационный потенциал, экосистема, прикладные научные исследования, регион, тренды развития, цифровая трансформация.

Введение

Вопросы повышения инновационного потенциала экосистемы прикладных научных исследований (ПНИ) региона в настоящее время привлекают внимание большого числа исследователей и экономистов. Основная причина кроется в снижении эффектов от финансирования научной деятельности и функционирования региональных инновационных центров и технопарков. Аналитика последних лет свидетельствует о том, что участие в совместной инновационной деятельности различных университетов, отраслевых научно-исследовательских институтов и прочих организаций, способствующих трансферту прорывных технологий, не гарантирует успех современных разработок на рынке, а также технологическое обновление и рост независимости отечественных производителей, как заложено в соответствующих утвержденных стратегиях их развития. Ключевым препятствием на пути достижения инновационно-ориентированного экономического роста является ориентация большей доли ПНИ на публикационной активности и патентовании инноваций, в то время когда в их фокусе должно быть доведение разработок до фактического внедрения и старта эффективного использования в производственной деятельности.

Словом, совместная деятельность различных региональных субъектов пока еще не доведена до совершенства. Отсутствуют четкие механизмы их взаимодействия и ясное распределение функциональной нагрузки, что в значительной степени тормозит достижение национальных целей развития РФ. В этой связи экосистемный подход к организации ПНИ является обоснованным ответом на усложнившиеся условия экономики, обуславливающие переход предприятий на принципиально новые модели функционирования, обеспечивающие наращивание конкурентных преимуществ и опережающий рост.

Потребность в повышении инновационного потенциала экосистем ПНИ связана с необходимостью ускоренного выпуска инноваций, способствующих не просто обеспечению конкурентоспособности российских производителей, но также преодолению структурных дисбалансов и ресурсных ограничений в деятельности предприятий-партнеров, расширению возможностей инновационного экономического роста регионов в обстановке геополитической нестабильности. Поэтому особую актуальность приобретают следующие вопросы:

- что из себя представляет модель повышения инновационного потенциала экосистем ПНИ региона?

- какие компоненты оказывают воздействие на развитие инновационного потенциала инфраструктуры экосистемы ПНИ?

Цель настоящего исследования – обосновать содержание модели повышения инновационного потенциала экосистемы ПНИ региона.

Основная часть

Модель повышения инновационного потенциала экосистемы ПНИ региона представляет собой саморегулирующуюся систему управления, ориентированную на ускорение процессов преобразования идей в конкурентоспособные инновации, способные значительно повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность региональных экономических субъектов за счет оптимального распределения и использования интеллектуальных, материально-технических, производственных, научно-технологических, экономических и организационно-управленческих ресурсов.

Актуальной тенденцией современности является создание коллаборативных союзов, интегрирующих различных бизнес-партнеров в единую сеть взаимодействия с целью выпуска принципиально новых технологических решений и новой продукции, эффекты от коммерциализации которых способны повлиять на проявление ряда синергетических эффектов, в том числе обуславливающих ускорение темпов реализации инновационно-технологических изменений на предприятиях. Однако ни в научном сообществе, ни в бизнес-среде до сих пор не сложилось единого мнения как по вопросам формирования и реализации инновационных экосистем в региональных, отраслевых и национальных проектах, так и по проблемам фактического функционирования механизмов управления ПНИ регионов, сказывающихся на условиях эффективного сотрудничества и развития соконкуренции участников в границах единой экосистемы. Хотя эти аспекты являются основополагающим для полноценного осознания участников инновационной деятельности, динамики их экосистемных взаимосвязей, возможных рисков и пр. [2].

В работе Н.Ю. Ершова и А.А. Сотникова ключевой фокус внимания читателя концентрируется на решении общих проблем управления цифровой экосистемой как основного фактора развития инновационной экономики [4]. Исследование А.В. Кудинова и Д.А. Чертопятов посвящено развитию инновационного потенциала цифровых экосистем. Авторы рассматривают его как базовый элемент цифровизации [5]. Актуальные вопросы формирования и последующего развития региональных инновационных экосистем в условиях цифровой трансформации экономики освещаются в научной статье М.В. Люлюченко [7]. В работе В.И. Аксинина производится анализ факторов, воздействующих на эффективность интеграции инновационного потенциала промышленного предприятия в экосистему цифровой экономики, и осуществляется моделирование процессов развития инновационной экосистемы на основе импортоопережения в технологических инновациях [1]. В исследовании Д.С. Шавыровой, В.М. Осипенко, Е.Б. Герасимовой анализируется потенциал устойчивого развития цифровой экономики на основе интеллектуальных инновационных экосистем. Авторы формируют экосистему в цифровой экономике на основе драйверов устойчивого развития [9]. Особый интерес представляет статья Д.В. Ланской, где производится моделирование совокупного актива инновационных экосистем в цифровой экономике знаний [6].

На основе проанализированных трудов сформирована гипотеза формирования модели повышения инновационного потенциала экосистемы ПНИ региона, заключающаяся в том, что инновационный потенциал как принципиальная возможность экосистемы создавать, внедрять и распространять инновации складывается из собственных ресурсов отдельного экономического субъекта (научно-технологических, информационных, интеллектуальных, финансовых и пр.) и ресурсов предприятий-партнеров, входящих в коллаборативные союзы, созданных для ускорения процессов технологического развития региональной экономики. То есть образуется своеобразный инновационный актив, характеризующий реальный инновационный потенциал субъектов, позволяющий оценить их готовность к осуществлению эффективной инновационной деятельности. Именно этот актив является драйвером развития экосистемы ПНИ региона.

Инновационный потенциал экосистемы ПНИ региона объединяет бизнес-структуры, способные эффективно участвовать в процессах создания и реализации инноваций [3].

Инновационная экосистема ПНИ региона представляет сеть институтов частного и общественного секторов, целью деятельности которых является инициация, коммерциализация и диффузия новшеств [10].

На основе проведенного анализа современных цифровых инновационных экосистем ПНИ в работе определены участники, играющие ключевую роль в развитии инновационного потенциала:

- якорные компании (научно-исследовательские институты, вузы, инновационные и технологические центры, лаборатории и др.), создающие опору для развития коллаборативных союзов, определяющие вектор стратегического развития и рационального использования инновационного потенциала экосистемы региона;

- малые инновационные предприятия, обеспечивающие синхронизированную направленность инновационной деятельности предпринимателей и способствующие коммерциализации ее результатов;

- структуры подготовки высококвалифицированных кадров и развития компетенций, способствующие обеспечению инновационной деятельности квалифицированными кадрами;

- инвестиционные, венчурные фонды, бизнес-ангелы, краудфандинговые компании, финансирующие деятельность по развитию инновационных проектов;

- государственные структуры, оказывающие действенную поддержку экономическим субъектам в вопросах выпуска конкурентоспособных инноваций.

Эффективность функционирования инновационных экосистем зависит не только от потенциала их участников, но и от качества цифровых платформ, в рамках которых предполагается осуществлять информационно-коммуникационные взаимосвязи и фактическое управление инновационными процессами. Качественно подобранные программное обеспечение и компьютерные приложения позволят значительно сократить транзакционные издержки взаимодействия участников, повысить управляемость инновационной деятельности, минимизировать риски потерь, связанные с человеческим фактором, и в целом обеспечить достижение стратегических целей.

Следует отметить, что инновационным экосистемам свойственен интересный феномен: они не только позволяют ускорить инновационный экономический рост региональных субъектов, но и являются своеобразной платформой для развития соконкуренции (явление, когда конкуренты выходят на новый уровень конкурентной борьбы благодаря совместному продвижению инноваций). Этот феномен обуславливает потребность в формировании специализированных механизмов координации деятельности таких участников с целью поддержания баланса между их соперничеством и сотрудничеством.

Для того чтобы эти механизмы имели максимальную эффективность и обеспечивали адаптивность инновационных экосистем региона к происходящим экономическим коллизиям и геополитическим турбулентностям, принципиально важным представляется понимание состава основных компонентов развития инновационного потенциала инфраструктуры экосистемы ПНИ (рис. 1).

Рисунок 1 – Основные компоненты развития инновационного потенциала инфраструктуры экосистемы ПНИ

Рассмотрим факторы, воздействующие на успешность мероприятий, направленных на повышение инновационного потенциала цифровой экосистемы ПНИ региона:

- институциональная инфраструктура, обеспечивающая правовые механизмы защиты интеллектуальной собственности, эффективные процедуры создания бизнеса, развитые рынки труда и капитала и поддерживающие институты;

- высокотехнологичные компании, определяющие технологические стандарты, формирующие платформенную инфраструктуру и координирующие деятельность экосистемы [11];

- компетенции участников, обеспечивающие сочетание знаний, навыков и ресурсов, необходимых для принятия инновационных решений, сложно разрабатываемых отдельными участниками;

- система финансирования инновационной деятельности, предоставляющая доступность капитала на всех стадиях инновационного процесса;

- адаптивность цифровой инновационной экосистемы, обеспечивающая гибкое реагирование на изменения внешней среды.

Для описания эффектов от повышения инновационного потенциала цифровых экосистем ПНИ региона предлагается использовать понятие «распределенное лидерство», предполагающее диверсификацию управленческих решений в зависимости от функций и компетенций лидеров экосистемы, обеспечивающих координацию совместной инновационной деятельности и динамику взаимодействия прочих участников с учетом плановости достижения стратегических целей и фактических результатов мониторинга инновационных проектов.

В сформированной модели повышения инновационного потенциала цифровых экосистем ПНИ региона (рис. 2) учитываются платформенные решения «распределенного лидерства». В отличие от традиционных моделей, где решения в области управления инновациями и инновационными проектами принимаются на уровне администрации предприятия, эта модель предполагает, что ключевые функции инновационной деятельности встроены в саму цифровую платформу и каждый участник-лидер инновационной экосистемы имеет не только доступ к определенным сервисам, но и право голоса при определении вектора ПНИ. Подобный подход радикально меняет логику совместного сотрудничества предприятий-партнеров, стимулируя их переход от пассивного ожидания распоряжений от головного предприятия к активной самоорганизации вокруг реальной задачи.

Отметим, что на базе разработанной модели становится возможным определение основополагающих параметров (инновационные процессы, ресурсная база, устойчивость функционирования, цифровая зрелость, рыночный потенциал инноваций), оказывающих непосредственное воздействие на текущее состояние инновационной экосистемы и возможности ускорения инновационного роста экономики региона. Ее отличительной особенностью является то, что субъекты управления фокусируют усилия участников коллаборативной инновационной деятельности

на объединении их ресурсов, синхронизации стратегических целей, глобализации и цифровизации функций управления с учетом изменяющихся потребностей общества и интересов участников в области наращивания конкурентных преимуществ и максимизации прибыли.

Рисунок 2 – Модель повышения инновационного потенциала экосистемы ПНИ региона

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что для эффективного внедрения разработанной модели требуется формирование цифровой среды, обеспечивающей создание прогрессивных условий для повышения и рационального использования инновационного потенциала экосистемы ПНИ региона, для эффективного взаимодействия участников коллаборативной инновационной деятельности с целью достижения общих стратегических целей и удовлетворения потребностей рынка [8].

В авторской модели базовыми положениями выступают:

- инициация сетевого взаимодействии участников инновационной экосистемы;
- формирование новых цепочек создания ценности;
- цифровая трансформация традиционных моделей управления инновациями и инновационными проектами;
- повышение уровня знаний и компетенций участников экосистемы ПНИ с использованием инновационных интеллектуальных методов обучения и самообучения;
- учет сложившихся трендов развития региона.

Обобщенная модель повышения инновационного потенциала экосистемы ПНИ, направлена на интеграцию усилий и объединения ресурсов и отношений ее участников под новые изменения в цифровой экономике, получения агрегированных эффектов, создания новых инновационных возможностей.

Дальнейшие научные исследования в данной области могут быть направлены на разработку спектра стимулирующих воздействий для эффективного функционирования «генераторов новых идей», вовлекающих в инновационную деятельность расширенное количество участников.

Литература

1. Аксинин В.И. Анализ факторов построения экономико-математической модели интеграции инновационного потенциала промышленного предприятия в экосистему цифровой экономики // Развитие инновационной экосистемы российской федерации на основе процессов импортоопережения в технологических инновациях для отраслей экономики: сб. науч. ст.Междунар. науч.-практ.конф. – Тольятти: ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 54-61.

2. Васяйчева В.А. Основополагающие факторы конкурентоспособности отечественной промышленности // Управленческий учет. – 2016. – № 6. – С. 10-17.

3. Герасимов К.Б. Анализ и прогнозирование показателей инновационной деятельности в отраслях Российской Федерации // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – С. 27-36.

4. Ершов Н.Ю., Сотников А.А. Управление цифровой экосистемой как фактор развития инновационной экономики // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2024: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 87-92.

5. Кудинова А.В., Чертопятов Д.А. Теоретические основы развития инновационной экосистемы в условиях цифровой экономики // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2019. – № 2 (36). – С. 266-274.

6. Ланская Д.В. Управление и моделирование совокупного актива инновационных экосистем в цифровой экономике знаний // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию экономического факультета БГУ. – Минск: Белорусский государственный университет, 2024. – С. 303-305.

7. Люлюченко М.В. Формирование региональных инновационных экосистем в условиях цифровой трансформации экономики // Экономика. Общество. Человек: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, – Белгород: Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, 2021. – С. 23-33.

8. Тихонова А.Д. К вопросу о развитии инновационных экосистем в современной экономике // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 1383-1392.

9. Шавырова Д.С., Осипенко В.М., Герасимова Е.Б. Инновационные подходы в формировании устойчивых экосистем для цифровой экономики на примере Яндекса // Управление устойчивым инновационным развитием России в условиях цифровой трансформации: матер. XV Междунар. науч.-практ. конф. памяти заслуженного деятеля науки РФ В.И. Кравцовой. – М.: Московский Политех, 2024. – С. 261-265.

10. Freeman, C. The National System of Innovation in Historical Perspective // Cambridge Journal of Economics. – 1995. – Vol. 19. – № 1. – P. 5-24.

11. News.ru. Freedom Finance стала объектом изучения в Стэнфордской школе бизнеса. Режим доступа – URL: https://news.ru/business/freedom-finance-stala-obektom-izucheniya-v-stenfordskoj-shkole-biznesa (дата обращения 22.05.2026).

A model for increasing the innovative potential of the regional applied research ecosystem

Arakelyan A.M., Tyukavkin N.M.
Samara National Research University

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article substantiates a model for enhancing the innovative potential of a regional applied research ecosystem. Given geopolitical instability, their governance mechanisms have been insufficiently studied, hindering the effective functioning of innovation ecosystems in regional, industry, and national projects. This paper analyzes digital innovation ecosystems and establishes that the primary goal of developing innovative potential is to create a digital environment for collaboration among innovation participants. Particular attention is paid to advanced technological solutions that facilitate the achievement of the desired effects – catalyzing innovation-driven economic growth in regions. Based on this analysis, a conceptual approach to developing a model for enhancing the innovative potential of a regional applied research ecosystem and the author's hypothesis for its development are proposed. It is concluded that the use of this model will have a beneficial effect on accelerating the flow of knowledge necessary for the creation of breakthrough innovations.

Keywords: innovative potential, ecosystem, applied scientific research, region, development trends, digital transformation.

References

1. Aksinin V.I. Analiz faktorov postroeniya ekonomiko-matematicheskoy modeli integratsii innovatsionnogo potentsiala promyshlennogo predpriyatiya v ekosistemu tsifrovoy ekonomiki // Razvitie innovatsionnoy ekosistemy rossiyskoy federatsii na osnove protsessov importoopererezheniya v tekhnologicheskikh innovatsiyakh dlya otrasley ekonomiki: sb. nauch. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Tol'yatti: ZAO «Universitetskaya kniga», 2025. – S. 54-61.

2. Vasyaycheva V.A. Osnovopolagayushchiye faktory konkurentosposobnosti otechestvennoy promyshlennosti // Upravlencheskiy uchet. – 2016. – № 6. – S. 10-17.

3. Gerasimov K.B. Analiz i prognozirovanie pokazatelej innovacionnoj deya-tel'nosti v otraslyah Rossijskoj Federacii // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – S. 27-36.

4. Ershov N.Yu., Sotnikov A.A. Upravleniye tsifrovoy ekosistemoy kak faktor razvitiya innovatsionnoy ekonomiki // Yunost' i Znaniya – Garantiya Uspekha – 2024: sbornik nauchnykh statey 11-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2024. – S. 87-92.

5. Kudinova A.V., Chertopyatov D.A. Teoreticheskiye osnovy razvitiya innovatsionnoy ekosistemy v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki // Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. – 2019. – № 2 (36). – S. 266-274.

6. Lanskaya D.V. Upravleniye i modelirovaniye sovokupnogo aktiva innovatsionnykh ekosistem v tsifrovoy ekonomike znaniy // Tendentsii ekonomicheskogo razvitiya v XXI veke: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu ekonomicheskogo fakulteta BGU. – Minsk: Belorusskiy gosudarstvennyy universitet, 2024. – S. 303-305.

7. Lulyuchenko M.V. Formirovaniye regionalnykh innovatsionnykh ekosistem v usloviyakh tsifrovoy transformatsii ekonomiki // Ekonomika. Obshchestvo. Chelovek: materialy natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. – Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet imeni V.G. Shukhova, 2021. – S. 23-33.

8. Tikhonova A.D. K voprosu o razvitii innovatsionnykh ekosistem v sovremennoy ekonomike // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. – 2019. – T. 9. – № 4. – S. 1383-1392.

9. Shavyrova D.S., Osipenko V.M., Gerasimova E.B. Innovatsionnyye podkhody v formirovanii ustoychivykh ekosistem dlya tsifrovoy ekonomiki na primere Yandeksa // Upravleniye ustoychivym innovatsionnym razvitiyem Rossii v usloviyakh tsifrovoy transformatsii: materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RF V.I. Kravtsovoy. – M.: Moskovskiy Politekh, 2024. – S. 261-265.

10. Freeman, C. The National System of Innovation in Historical Perspective // Cambridge Journal of Economics. – 1995. – Vol. 19. – № 1. – P. 5-24.

Малые инновационные предприятия, их роль и место в современных финансах России

Георгиев Георгий Андреевич
соискатель, УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, georgy_93@mail.ru,

Баженов Олег Викторович
д.э.н., профессор учебно-научного центра системной инженерии, Уральская передовая инженерная школа «Цифровое производство», УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 6819@list.ru,

Надобников Евгений Владимирович
к.э.н., доцент цифровой кафедры «Управление развития компетенций», Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, o.v.bazhenov@urfu.ru

В статье исследуются малые инновационные предприятия как особый сегмент российской финансовой системы, обеспечивающий трансфер результатов интеллектуальной деятельности в хозяйственный оборот. Раскрываются экономическая сущность МИП, их отличия от иных субъектов малого бизнеса, специфика жизненного цикла, ключевые барьеры развития и особенности финансового обеспечения. Отдельное внимание уделено проблемам коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, доступу к кредитным, венчурным и бюджетным источникам финансирования, а также трансформации роли МИП в условиях цифровизации финансового сектора. На основе анализа нормативных актов, научных публикаций и актуальных данных о поддержке инновационного бизнеса обоснован вывод о том, что МИП следует рассматривать не как периферийную организационно-правовую форму, а как структурный элемент современных финансов России. Сохранение и развитие данного института требует совершенствования правового регулирования, расширения инструментов финансирования и снижения административных барьеров.

Ключевые слова: малые инновационные предприятия, интеллектуальная собственность, коммерциализация, финансирование инноваций, венчурный капитал, цифровые финансовые активы, финансовая система.

Введение

В условиях стратегического курса на технологический суверенитет и структурную модернизацию экономики вопросы трансфера результатов интеллектуальной деятельности приобретают первостепенное значение. Одной из важнейших форм такого трансфера выступают малые инновационные предприятия, создаваемые как в научно-образовательной среде, так и в более широком секторе малого технологического бизнеса. Вместе с тем в научной литературе и практике управления МИП нередко рассматриваются преимущественно как частный организационно-правовой механизм коммерциализации разработок, что сужает понимание их экономической роли. Между тем именно через МИП происходит преобразование научных результатов, нематериальных активов и технологических решений в рыночные продукты, инвестиционные проекты и финансовые потоки. Это позволяет ставить вопрос о месте МИП не только в инновационной системе, но и в современной системе финансов России [1; 4].

Состояние института МИП в России остается противоречивым. С одной стороны, данные исследований фиксируют высокий уровень закрытия таких предприятий, ограниченный охват государственной поддержкой, слабый уровень прямой коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и трудности в получении внешнего финансирования. С другой стороны, сохраняется спрос на малые технологические компании, развиваются механизмы льготного кредитования, расширяется венчурная инфраструктура, а цифровизация финансового рынка формирует для МИП новые каналы монетизации нематериальных активов [16; 19; 20; 21]. В этих условиях требуется теоретическое и прикладное осмысление роли МИП как структурного звена финансовой системы.

Цель исследования

Целью настоящей работы является определение роли и места малых инновационных предприятий в современных финансах России, а также выявление факторов, ограничивающих и, напротив, стимулирующих их развитие как института коммерциализации интеллектуального капитала.

Материал и методы исследования

Исследование основано на анализе нормативно-правовых актов, научных публикаций, аналитических материалов и статистических данных, посвящённых функционированию малых инновационных предприятий в России. В работе использованы методы системного и сравнительного анализа, обобщения, классификации, а также элементы институционального подхода, позволяющего рассматривать МИП одновременно как субъект малого предпринимательства, инновационной деятельности и финансовых отношений.

Результаты исследования и их обсуждение

Малое инновационное предприятие представляет собой коммерческую организацию, сочетающую признаки субъекта малого предпринимательства и носителя инновационной бизнес-модели [9; 13]. В узком юридическом смысле под МИП понимаются хозяйственные общества, создаваемые с участием бюджетных научных и образовательных организаций для практического внедрения результатов интеллектуальной деятельности [5; 6]. В более широком экономическом смысле МИП можно рассматривать как малую фирму, чья деятельность основана на разработке, внедрении и коммерциализации новых технологий, продуктов, процессов и иных результатов НИОКР [3; 8; 9]. Такое двойственное понимание важно, поскольку именно оно позволяет выйти за пределы формального подхода и оценить реальную экономическую функцию МИП.

Специфика МИП проявляется в характере создаваемого продукта, структуре рисков, источниках конкурентных преимуществ и модели финансирования. В отличие от традиционных малых предприятий, ориентированных преимущественно на текущий рынок и быстрый оборот капитала, МИП работают в условиях высокой неопределенности, длительного инновационного цикла и повышенной зависимости от нематериальных активов. Их конкурентоспособность базируется не столько на операционной эффективности, сколько на способности трансформировать научное знание в коммерчески реализуемое решение [2; 3]. В связи с этим МИП играют ключевую роль в воспроизводстве инноваций, обеспечивая связь между научной средой, бизнесом и финансовыми институтами [9; 11].

Для уточнения содержания категории МИП целесообразно разграничить её с близкими понятиями малого предприятия, инновационного предприятия, стартапа и высокотехнологичной компании.

Таблица 1
Сравнительный анализ понятий малого инновационного предпринимательства

Критерий	Малое предприятие	Инновационное предприятие	Малое инновационное предприятие	Стартап	Технологическая компания
Основной критерий	Небольшой размер бизнеса	Наличие инновации	Малый размер и инновационность	Масштабируемая бизнес-модель	Высокая технологичность
Цель	Получение прибыли	Внедрение новшеств	Коммерциализация разработок	Быстрый рост	Технологическое лидерство
Продукт	Обычный товар или услуга	Новый или улучшенный продукт	Инновационный продукт на базе НИОКР	MVP или тестируемое решение	Сложный наукоёмкий продукт
Конкурентное преимущество	Эффективность и локальный рынок	Новизна, патенты, ноу-хау	Трансфер технологий	Скорость роста и адаптации	Технологическое превосходство
Основные риски	Рыночные и операционные	Технологические и рыночные	Технологические, финансовые, правовые	Отсутствие спроса и проблемы с инвестициями	Инвестиционные и технологические

Жизненный цикл МИП обычно включает этапы генерации идеи, первичного отбора и проверки рыночного потенциала, организационного оформления, поиска финансирования, вывода продукта на рынок и дальнейшего масштабирования. На каждом из этих этапов предприятие сталкивается с различной конфигурацией рисков. На ранней стадии определяющее значение имеют кадровые, технологические и правовые факторы, а на более поздних этапах возрастает роль финансовой устойчивости, доступа к каналам сбыта и способности встроиться в отраслевые кооперационные цепочки. Длительность жизненного цикла и высокая вероятность отрицательного исхода существенно отличают МИП от классического малого бизнеса [11; 14; 15].

Ключевой проблемой развития МИП выступает ограниченность финансовых ресурсов. Традиционный банковский кредит для подобных организаций часто недоступен ввиду отсутствия ликвидного залога, сложности оценки нематериальных активов и высокой неопределенности будущих денежных потоков. В результате предприятие, располагающее уникальной разработкой, не может использовать её в полной мере как обеспечение по обязательствам. Это создает институциональный разрыв между инновационной ценностью проекта и возможностями его финансового обеспечения [8; 22].

Важное место в финансировании МИП занимает государственная поддержка. Гранты, субсидии, льготные кредиты, налоговые преференции, механизмы акселерации и деятельность институтов развития позволяют частично компенсировать рыночные ограничения. Однако доступ к этим инструментам остается выборочным из-за высокой регламентированности процедур, жестких критериев отбора и недостаточной консультационной поддержки [8; 24]. Следовательно, проблема заключается не только в объеме поддержки, но и в качестве архитектуры её предоставления.

Помимо бюджетных инструментов, возрастающее значение имеет венчурное финансирование. Для МИП оно особенно важно, поскольку соответствует логике высокорисковых инновационных проектов и допускает финансирование компаний с короткой операционной историей. При этом развитие венчурной экосистемы в России остается неравномерным: доступ к частному капиталу концентрируется в технологически сильных регионах и секторах, прежде всего в IT, биотехнологиях, промышленной автоматизации и цифровых сервисах [19; 21]. Тем не менее даже ограниченное расширение венчурного сегмента способствует повышению инвестиционной привлекательности части МИП и снижает зависимость от исключительно бюджетной модели поддержки [18; 21].

Отдельного рассмотрения заслуживает место МИП в современной финансовой системе. Их значение не исчерпывается получением финансирования; МИП сами выступают каналом трансформации нематериальных активов в объекты финансового оборота. Через механизмы лицензирования, отчуждения прав, создания технологических платформ и внедрения цифровых решений они превращают результаты интеллектуальной деятельности в источники дохода, инвестиционные кейсы и финансовые активы [2; 7; 25]. В условиях цифровизации особую перспективу открывает участие МИП в разработке решений, связанных с цифровыми финансовыми активами, распределенными реестрами, смарт-контрактами и платформами токенизации прав на результаты интеллектуальной деятельности [7; 8; 19].

В этой связи МИП можно рассматривать как первичный преобразователь интеллектуального капитала в рыночную стоимость. Их место в финансовой системе определяется не масштабом текущей выручки, а функциональной ролью: они обеспечивают запуск высокорисковых инновационных проектов, формируют спрос на специализированные инвестиционные инструменты, создают основания для появления новых объектов финансирования и способствуют обновлению структуры национальной экономики [1; 6; 9]. Именно поэтому оценка МИП только по критериям краткосрочной рентабельности или формального соответствия требованиям малого бизнеса не отражает их реального значения.

Системные препятствия развитию МИП включают бюрократические барьеры, дефицит кадров в сфере управления технологиями и коммерциализации, недостаточный уровень кооперации между вузами и промышленностью, а также слабую связанность между научной средой, рынком и инфраструктурой поддержки [6; 7; 10; 25]. Существенным ограничением остается и методологическая проблема оценки эффективности МИП: традиционные финансовые показатели слабо учитывают долгий инновационный цикл, нематериальный характер ключевых активов и отсроченный экономический эффект внедрения разработок. Следовательно, совершенствование системы мониторинга МИП должно опираться на более широкий набор критериев, включая динамику коммерциализации, качество партнерских связей, участие в проектах технологического трансфера и способность привлекать внебюджетный капитал [1; 6].

Для наглядного представления положения МИП в системе финансов целесообразно обобщить ключевые индикаторы и их содержательную интерпретацию.

Таблица 2
Положение малых инновационных предприятий в финансовой системе России

Наименование показателя	Значение
Доля МИП в общем объеме операций с цифровыми финансовыми активами	2,3% [6]
Темп прироста количества МИП, использующих технологии распределённых реестров	+17% [6; 8]
Эффективность государственных субсидий	4,6 руб. внебюджетных средств на 1 руб. поддержки [8]
Доля МИП, получавших прямую государственную поддержку	18% [1; 8]
Доля МИП, исключённых из программ поддержки из-за жестких критериев	47% [8]
Доля МИП в российском венчурном рынке	5,7% в 2025 г. против 3,2% в 2023 г. [1; 6]
Средний размер венчурной инвестиции в одно МИП	28 млн руб. [6]
Доля МИП, прекративших деятельность	52,7% [1]
Доля действующих МИП с доходом менее 1 млн руб. в год	73,2% [1]
Доля МИП, получающих доход непосредственно от коммерциализации РИД	3% [1]

Таким образом, роль МИП в современных финансах России проявляется в нескольких измерениях. Во-первых, они выступают объектом специализированного финансирования, требующего сочетания бюджетных, венчурных, грантовых и льготных кредитных механизмов. Во-вторых, они являются инфраструктурным элементом инновационного рынка, обеспечивая движение результатов интеллектуальной деятельности в хозяйственный оборот. В-третьих, они выполняют функцию институционального посредника между наукой, бизнесом и финансовой системой, переводя научный потенциал в экономическую ценность. По этой причине поддержка МИП должна рассматриваться не как частная мера содействия отдельному сектору малого бизнеса, а как инвестиция в устойчивость национальной инновационной и финансовой системы [1; 9; 24].

Выводы (заключение)

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что малые инновационные предприятия занимают особое место в системе современных финансов России. Их специфика определяется не только принадлежностью к малому бизнесу, но и функцией коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, высокой инновационной и инвестиционной неопределенностью, а также активным участием в формировании новых каналов движения капитала [2; 8; 18; 22]. Через МИП обеспечивается преобразование научного знания, технологий и нематериальных активов в рыночные продукты, источники дохода и объекты финансирования.

Несмотря на стратегическую значимость МИП, современное состояние данного института характеризуется совокупностью системных ограничений: низкой доступностью традиционного кредита, недостаточным охватом мерами государственной поддержки, высокой долей прекращения деятельности, слабой встроенностью части предприятий в производственные и инвестиционные цепочки. Одновременно сохраняются предпосылки для укрепления их роли, включая развитие венчурного финансирования, программ льготного кредитования, цифровых финансовых технологий и механизмов токенизации нематериальных активов [16; 19; 20; 21].

Следовательно, эффективная политика в отношении МИП должна быть направлена на совершенствование нормативной базы, формирование более гибкой системы оценки их результативности, расширение доступа к многообразным источникам капитала, развитие кадровых и консультационных компетенций в сфере коммерциализации технологий, а также на усиление связей между университетами, научными организациями, промышленностью и финансовыми институтами. Только при таком подходе МИП смогут в полной мере выполнять функцию одного из ключевых проводников инновационного развития и модернизации финансовой системы страны [9; 11; 24].

Литература

1. Квашнева А. Е. О состоянии и развитии малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы РФ в 2025 г. // Современное образование. 2025. № 3. URL: https://cyberleninka.ru.
2. Салихов Б. В., Новикова Е. В. Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности в системе инновационного развития // Экономика и предпринимательство. 2021. URL: https://elibrary.ru.
3. Иванова Н. А. Экономические аспекты деятельности малых инновационных предприятий // Вестник университета. 2022. URL: https://cyberleninka.ru.
4. Малые технологические компании и технологический суверенитет России: аналитический обзор. 2025. URL: https://elibrary.ru.
5. Федеральный закон от 02.08.2009 № 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ…» // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90201.
6. Перспективы развития малых инновационных предприятий российских вузов: аналитическая записка. 2024. URL: https://elibrary.ru.
7. Власов В. А., Коваленко О. С., Селиванова Е. Е. Взаимодействие малых инновационных предприятий с организациями инновационной инфраструктуры: результаты эмпирического исследования Нижегородской области // Аккредитация в образовании. 2009. № 7 (34). URL: https://cyberleninka.ru.
8. Господдержка инноваций эффективнее для малых и средних предприятий // Портал малого и среднего предпринимательства РС(Я). 04.04.2025. URL: https://мойбизнес14.рф.
9. Продченко И. А., Шкодинский С. В. Место и роль малых инновационных предприятий в национальной инновационной системе // Вопросы экономики и управления. 2016. URL: https://cyberleninka.ru.
10. Шаульская О. М. Развитие малого инновационного бизнеса в России // Студенческий научный форум: матер. XVI Междунар. студенч. науч. конф. 2024. URL: https://scienceforum.ru.
11. Шулус А. А., Павлов Е. О., Воробьев Д. Ю. Проблемы и перспективы малых инновационных предприятий в современной России // Креативная экономика. 2020. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44263595.
12. Приказ Росстата от 28.07.2025 № 364 «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения…» // КонсультантПлюс. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504479.
13. Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в РФ» // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144.
14. Леонов Е. Ф. Малое инновационное предприятие и стартап: синонимы или близкие категории? // Научное сообщество XXI века: проблемы и перспективы: матер. LIX Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2021. С. 45–52. URL: https://interactive-plus.ru.
15. Соболев С. С. Понятие и особенности стартапа // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2020. № 4. URL: https://cyberleninka.ru.
16. Минэкономразвития объявило об условиях предоставления грантов на возмещение затрат малых технологических компаний на IPO // Портал МСП. 22.08.2025. URL: https://мойбизнес14.рф.
17. Становление бизнесмена // Коммерсантъ. 2025. URL: https://www.kommersant.ru/doc/8121127.
18. Бутрюмова Н. Н., Сидоров Д. В. Проблемы привлечения финансирования в инновационные компании на ранних стадиях развития в регионе // Регион: экономика и социология. 2012. URL: https://www.regionsar.ru/en/node/1007.
19. Как вырастить технологический бизнес: синергия частных инвестиций и господдержки обсудили на ПМЭФ-2025 // Опора России. 2025. URL: https://opora.ru/news.
20. Малые технологические компании смогут получить кредит по сниженной ставке // Минэкономразвития России. 01.04.2025. URL: https://www.economy.gov.ru.
21. Рынок венчурного капитала взрослеет и консолидируется // Ведомости. 29.10.2025. URL: https://www.vedomosti.ru/kapital/investments/articles/2025/10/29/1150838-rinok-venchurnogo-kapitala.
22. Казанцева Н. В., Сергеева К. Н. Проблемы финансирования инновационных проектов малых и средних предприятий // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 3. URL: https://esj.today/PDF/57ECVN322.pdf.
23. Сафронова А. А., Иванова Д. А. Особенности стратегического управления инновационной деятельностью предприятий в условиях неопределенности и риска внешней среды // Транспортное дело России. 2013. № 4. URL: https://cyberleninka.ru.
24. Грибовский А. В. Государственная финансовая поддержка НИОКР малого бизнеса в России: анализ и предложения по повышению эффективности // Инновационная политика и проблемы развития национальной инновационной системы. URL: https://cntr-rf.ru/upload/iblock/df8/df8114227a6258d420aafff270254ef2.pdf.

Small innovative enterprises, their role and place in the modern financial system of Russia

Georgiev G.A., Bazhenov O.V., Nadobnikov E.V.

UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Novgorod State University named after Yaroslav the Wise

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines small innovative enterprises as a special segment of the Russian financial system that ensures the transfer of intellectual property results into economic circulation. It reveals the economic essence of SIEs, their differences from other small business entities, the specifics of their life cycle, the key barriers to development, and the features of financial support. Particular attention is paid to the problems of commercialization of intellectual property results, access to credit, venture, and budget financing, as well as the transformation of the role of SIEs under the digitalization of the financial sector. Based on the analysis of legal acts, academic publications, and current data on innovation business support, the paper substantiates the conclusion that SIEs should be regarded not as a peripheral legal form, but as a structural element of modern Russian finance. Preserving and developing this institution requires improving legal regulation, expanding financial instruments, and reducing administrative barriers.

Keywords: small innovative enterprises, intellectual property, commercialization, innovation financing, venture capital, digital financial assets, financial system.

References

1. Kvashneva A. E. On the State and Development of Small Innovative Enterprises in the Scientific and Educational Sphere of the Russian Federation in 2025 // Sovremennoe obrazovanie. 2025. No. 3. Available at: https://cyberleninka.ru.
2. Salikhov B. V., Novikova E. V. Commercialization of the Results of Intellectual Activity in the System of Innovative Development // Ekonomika i predprinimatelstvo. 2021. Available at: https://elibrary.ru.
3. Ivanova N. A. Economic Aspects of the Activities of Small Innovative Enterprises // Vestnik universiteta. 2022. Available at: https://cyberleninka.ru.
4. Small Technology Companies and Russia's Technological Sovereignty: Analytical Review. 2025. Available at: https://elibrary.ru.
5. Federal Law No. 217-FZ of August 2, 2009 On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation… // ConsultantPlus. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90201.
6. Prospects for the Development of Small Innovative Enterprises of Russian Universities: Analytical Paper. 2024. Available at: https://elibrary.ru.
7. Vlasov V. A., Kovalenko O. S., Selivanova E. E. Interaction of Small Innovative Enterprises with Innovation Infrastructure Organizations: Results of an Empirical Study of the Nizhny Novgorod Region // Akkreditatsiya v obrazovanii. 2009. No. 7 (34). Available at: https://cyberleninka.ru.
8. Government Support for Innovation is More Effective for Small and Medium-Sized Enterprises // Portal of Small and Medium Entrepreneurship of the Republic of Sakha (Yakutia). 4 April 2025. Available at: https://мойбизнес14.рф.
9. Prodchenko I. A., Shkodinsky S. V. The Place and Role of Small Innovative Enterprises in the National Innovation System // Voprosy ekonomiki i upravleniya. 2016. Available at: https://cyberleninka.ru.
10. Shaulskaya O. M. Development of Small Innovative Business in Russia // Student Scientific Forum: Proc. 16th Int. Student Sci. Conf. 2024. Available at: https://scienceforum.ru.
11. Shulus A. A., Pavlov E. O., Vorobyev D. Yu. Problems and Prospects of Small Innovative Enterprises in Modern Russia // Kreativnaya ekonomika. 2020. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=44263595.
12. Rosstat Order No. 364 of July 28, 2025 On Approval of Federal Statistical Observation Forms… // KonturNormativ. Available at: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504479.

13. Federal Law No. 209-FZ of July 24, 2007 On the Development of Small and Medium-Sized Entrepreneurship // ConsultantPlus. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144.
14. Leonov E. F. Small Innovative Enterprise and Startup: Synonyms or Closely Related Categories? // Scientific Community of the 21st Century: Problems and Prospects. Proc. 59th Int. Sci. and Pract. Conf. Novosibirsk, 2021. P. 45–52. Available at: https://interactive-plus.ru.
15. Sobolev S. S. The Concept and Features of a Startup // Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologiy. 2020. No. 4. Available at: https://cyberleninka.ru.
16. The Ministry of Economic Development Announced the Conditions for Providing Grants to Reimburse the Costs of Small Technology Companies for IPOs // SME Portal. 22 Aug. 2025. Available at: https://мойбизнес14.рф.
17. Becoming a Businessman // Kommersant. 2025. Available at: https://www.kommersant.ru/doc/8121127.
18. Butryumova N. N., Sidorov D. V. Problems of Attracting Financing to Innovative Companies at Early Stages of Their Development in the Region // Region: Ekonomika i sotsiologiya. 2012. Available at: https://www.regionsar.ru/en/node/1007.
19. How to Grow a Technology Business: The Synergy of Private Investment and Government Support Discussed at SPIEF 2025 // Opora Russia. 2025. Available at: https://opora.ru.
20. Small Technology Companies Will Be Able to Obtain Loans at a Reduced Interest Rate // Ministry of Economic Development of Russia. 1 April 2025. Available at: https://www.economy.gov.ru.
21. The Venture Capital Market is Maturing and Consolidating // Vedomosti. Kapital. 29 Oct. 2025. Available at: https://www.vedomosti.ru/kapital/investments/articles/2025/10/29/1150838-rinok-venchurnogo-kapitala.
22. Kazantseva N. V., Sergeeva K. N. Problems of Financing Innovation Projects of Small and Medium-Sized Enterprises // Vestnik evraziyskoy nauki. 2022. Vol. 14. No. 3. Available at: https://esj.today/PDF/57ECVN322.pdf.
23. Safronova A. A., Ivanova D. A. Features of Strategic Management of Innovative Activity of Enterprises under Uncertainty and Risk of the External Environment // Transportnoe delo Rossii. 2013. No. 4. Available at: https://cyberleninka.ru.
24. Gribovsky A. V. State Financial Support for Small Business R&D in Russia: Analysis and Proposals to Improve Efficiency // Innovation Policy and Problems of Development of the National Innovation System. Available at: https://cntr-rf.ru/upload/iblock/df8/df8114227a6258d420aafff270254ef2.pdf.

Инновационная деятельность в экосистеме индустриального парка: участники, функции и риски

Горовой Александр Андреевич
доктор экономических наук, профессор, Университет ИТМО, gorovoi@itmo.ru,

Зайцев Дмитрий Владимирович
преподаватель, Университет ИТМО, dmitryvzaytsev@mail.ru

В статье исследуется феномен инновационной деятельности как системообразующей характеристики современного индустриального парка. На основе критического анализа отечественной и зарубежной литературы, а также руководящих документов ОЭСР и Евростата предложено авторское определение понятия «инновационная деятельность индустриального парка». Систематизированы виды деятельности в рамках индустриального парка. Предложена многокритериальная типология парков. Проведён сравнительный анализ крупнейших индустриальных парков России и индустриальных городов Саудовской Аравии – двух принципиально различных моделей промышленной политики. Определены ключевые участники инновационной экосистемы парка, выявлен комплекс рисков инновационной деятельности.

Ключевые слова: индустриальный парк, инновации, инновационная деятельность, гринфилд, браунфилд, ОЭЗ, управление рисками.

1. Введение

Трансформация глобальной экономики, обусловленная нарастающей конкурентной борьбой на технологических рынках, актуализирует вопрос о механизмах инновационного развития не только отдельных компаний, но и целого индустриального кластера. В этом контексте индустриальный парк превращается из сугубо инфраструктурного объекта в сложную организационно-экономическую систему, способную генерировать, накапливать и транслировать инновации на региональный и национальный уровни.

Исследования последних лет убедительно демонстрируют, что само по себе создание индустриального парка не гарантирует возникновения инновационной активности. Проведенные ранее исследования установили, что большинство российских индустриальных парков не генерируют инновации, функционируют по «складскому сценарию» и не оказывает значимого влияния на развитие регионов, в которых они создаются. [1, 2].

Настоящая статья призвана: уточнить определения «индустриальный парк» и «инновационная деятельность индустриального парка», систематизировать виды деятельности индустриального парка; предложить расширенную типологию парков на основе российского и международного опыта, систематизировать участников, функции и риски инновационной деятельности.

2. Индустриальный парк: понятие, типология и виды деятельности

Организация объединённых наций по промышленному развитию (ЮНИДО) определяет индустриальный парк как «разработанный земельный участок, подразделённый на наделы в соответствии с комплексным планом и обеспеченный дорогами, транспортными развязками, коммунальной инфраструктурой для использования группой производственных предприятий» [3]. Российский национальный стандарт ГОСТ Р 56301–2014 конкретизирует это понятие, указывая, что парк управляем единой управляющей компанией и включает комплекс объектов недвижимости и инфраструктуры, обеспечивающих деятельность резидентов [4].

С одной стороны, индустриальный парк – это территориальный инфраструктурный объект, изучение которого должно опираться на положения пространственной экономики; с другой – интегрированные промышленные объекты, которые объединены экономическими связями и функционируют на принципах корпоративного управления [5].

Для целей настоящего исследования принимается следующее определение: **индустриальный парк** – это управляемый единой управляющей компанией территориально обособленный комплекс объектов недвижимости и инженерной инфраструктуры, предоставляемый резидентам для ведения промышленной и (или) инновационной деятельности с целью создания производственных и инновационных синергий, повышения инвестиционной привлекательности территории и формирования социально-экономических эффектов регионального развития.

Систематизация типологий индустриальных парков позволяет выделить не менее восьми самостоятельных классификационных оснований (таблица 1).

Таблица 1
Многокритериальная типология индустриальных парков

Классификационный признак	Виды индустриальных парков
1. Форма собственности	Государственный; частный; смешанный (ГЧП)
2. Тип резидента	С преобладанием иностранных резидентов; с отечественными резидентами
3. Специализация / структура участников	Специализированный (с якорным резидентом; отраслевое объединение); универсальный (экологически совместимые разные отрасли)
4. Тип производственной площадки (путь развития)	Гринфилд (с нуля); браунфилд (на базе существующих производств); комплексный (земля + готовые помещения)
5. Степень готовности / стадия реализации	Действующий (обладает всеми признаками стандарта); проектируемый (отсутствует хотя бы один признак, предусмотренный проектом)
6. Наличие сертификата	Сертифицированный (соответствует определению, подтверждена достоверность паспорта); несертифицированный
7. Срок функционирования / размещения резидентов	Срочный (с возможностью продления); без ограничения срока
8. Ориентация на цифровую экономику (авт. дополнение)	Традиционный (базовая инженерная инфраструктура); цифровой (ИКТ-инфраструктура, BIM, IoT, единая цифровая платформа резидентов)

Системный подход к анализу индустриального парка требует разграничения различных видов деятельности. На основе анализа нормативной базы, отраслевых обзоров и академических источников выделяется пять основных видов деятельности: девелоперская, операционная, производственная, инвестиционная и инновационная (таблица 2).

Таблица 2
Виды деятельности в индустриальном парке

Вид деятельности	Основной субъект	Ключевые результаты	Нормативная база
Девелоперская	Девелопер / УК / инвестор	Физическая инфраструктура, правовая база	ГОСТ Р 56301–2014, Пост. № 2065
Операционная	УК	Бесперебойное функционирование парка	ГОСТ Р 56301–2014
Производственная (резидентская)	Резиденты	Выручка, занятость, налоговые отчисления	Соглашения с резидентами
Инвестиционная	УК / региональные органы	Резидентная структура, инвестиции	Региональные программы
Инновационная	Резиденты, УК, НИИ, вузы	Инновации, НИОКР, технологический трансфер	Руководство OECD [11]

Все виды деятельности за исключением инновационной описаны в научной и отраслевой литературе и являются традиционными с точки зрения применения в различных отраслях экономики [7, 8, 9]. Инновационная деятельность индустриальных парков является наиболее сложным и наименее изученным видом деятельности индустриального парка, требующим целенаправленной работы с инновациями – конечным результатом внедрения новшества с целью его практического использования для удовлетворения запросов потребителя [10]. Инновационная деятельность, в свою очередь, охватывает весь комплекс действий по разработке, финансированию и коммерциализации, осуществляемых организацией для получения инновации [11].

На основе критического синтеза определений ОЭСР/Евростат [11], концептуализации по Николаеву А.С. [10], а также теоретических позиций Миронова Д.С. [1] и Ахметзянова А.Р. с соавторами [12] предлагается следующее авторское определение:

Инновационная деятельность индустриального парка – это организационно-управляемая совокупность процессов генерации, трансфера, коммерциализации и диффузии технологических, продуктовых, процессных и управленческих инноваций, осуществляемая резидентами, управляющей компанией, научно-образовательными организациями и органами публичной власти в рамках единой институциональной среды промышленной площадки; направленная на создание конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью и обеспечивающая синергетические эффекты инновационного развития на микро-, мезо- и макроуровнях экономических отношений за счёт структурной открытости и сетевого взаимодействия участников.

3. Инновационная деятельность индустриальных парков: участники, функции и риски

3.1. Участники инновационной экосистемы индустриального парка

Резиденты. Отдельные предприятия не в состоянии аккумулировать целую структуру производственных и непроизводственных ресурсов, которые предоставляются в рамках функционирования парка» [12]. Якорные резиденты (НЛМК-Калуга, Saudi Aramco в King Salman Energy Park) определяют инновационный облик парка.

Управляющая компания. Управляющая компания может содействовать инновационной деятельности через: предоставление доступа к банкам данных востребованных новшеств; организацию подбора кадров; консалтинг в области маркетинга, налогов и финансирования; обеспечение доступа к цифровым платформам [6].

Научно-образовательные организации. Взаимодействие элементов инновационной инфраструктуры «приводит к синергии тетрады "промышленность – наука – бизнес – образование"» [1]. Например, в саудовских индустриальных городах эту функцию выполняет Университет короля Абдалла (KAUST)

Органы государственной власти. В России в 2023 году на инфраструктуру парков выделено более 19 млрд руб. субсидий; на 2024–2026 гг. предусмотрено 83,5 млрд руб. [12]. В Саудовской Аравии Королевская комиссия по Джубайлю и Янбу осуществляет комплексное государственное сопровождение полного инвестиционного цикла.

Финансовые институты. Отсутствие развитой венчурной экосистемы в большинстве российских регионов является структурным ограничением. В Саудовской Аравии режим особой экономической зоны (ОЭЗ) формируют конкурентный инвестиционный климат за счёт льготных налоговых режимов и разрешений на 100% иностранное владение.

Миронов Д.С. выделяет пять ключевых функций: поддержка МСБ; производство конкурентоспособной продукции; создание инфраструктурной среды; освоение наукоёмких технологий; формирование инновационно-инвестиционного климата [1]. Дополнительно выделяются функция пространственной концентрации [8], функция синергетической интеграции [1] и функция трансфера инноваций [1].

Инновационный мультипликатор подтверждается эмпирически: в Калужской области налоговые отчисления резидентов парков достигают 9% доходов консолидированного бюджета [2]. В Саудовской Аравии Jubail обеспечивает ~7% ВВП страны и 70% ненефтяного экспорта [13].

Риски инновационной деятельности в индустриальном парке носят многоуровневый и взаимообусловленный характер. Будучи инфраструктурными проектами, предусматривающими создание объектов инженерной, транспортной и производственной инфраструктуры на локальной территории для последующего предоставления их предприятиям-резидентам [3], индустриальные парки реализуются в условиях высокой неопределённости, которая существенно усиливается в инновационной составляющей их деятельности. Совокупный риск-профиль инновационной деятельности парка формируется на пересечении нескольких групп рисков (таблица 3).

Таблица 3
Риски инновационной деятельности индустриального парка

Группа рисков	Наименование риска	Типовые мероприятия по управлению рисками
Институциональные и комплаенс-риски	Отсутствие законодательной базы управления инновационной деятельностью парков	Участие УК в разработке отраслевых стандартов; взаимодействие с АИП России; правовое сопровождение резидентов
	Риск подмены концепции парка	Введение целевых KPI по доле инновационно активных резидентов; независимый аудит инновационной деятельности парка
	Избыточные регуляторные требования, порождающие операционные издержки	Проведение ОРВ; инициирование поправок в нормативные акты через профессиональные объединения
	Невозможность или задержка получения мер государственной поддержки	Подготовка документации совместно с органами власти; использование пессимистического сценария в финансовой модели; диверсификация источников финансирования
Проектные и технические риски	Скрытые технические риски браунфилда	Детальная техническая экспертиза объектов на прединвестиционной стадии; резервирование бюджета на устранение скрытых дефектов
	Недостоверные данные в мастер-плане и бизнес-плане	Привлечение специализированных консультантов с отраслевым опытом; использование данных реализованных аналогичных проектов [2]
	«Молодость» парка как ограничитель инновационного потенциала	Привлечение якорного резидента с инновационным профилем на этапе создания парка; поэтапное наращивание инновационной инфраструктуры
	Недостаточная мощность инженерной инфраструктуры для наукоёмких производств	Резервирование мощностей с учётом перспективной потребности; государственное субсидирование инфраструктурных затрат
Рыночные и конкурентные риски	Снижение притока иностранных инновационных инвесторов	Переориентация на партнёров из дружественных стран; развитие сотрудничества с отечественными НИИ и вузами
	Конкуренция со стороны ОЭЗ и ТОСЭР с более льготными режимами	Дифференциация позиционирования парка; развитие уникальной отраслевой специализации; нефинансовые меры поддержки резидентов
	Ограниченный рыночный спрос на продукцию инновационных резидентов	Формирование кооперационных цепочек между резидентами; маркетинговая поддержка со стороны УК; содействие в поиске якорных покупателей
	Риски нарушения прав интеллектуальной собственности	Разработка политики защиты ИС на уровне парка; юридическое сопровождение патентования; обучение резидентов основам охраны ИС
Риски управления человеческими ресурсами	Дефицит квалифицированных инженерных и исследовательских кадров	Долгосрочные партнёрства с вузами и техникумами; программы целевой подготовки кадров; корпоративные учебные центры на базе парка
	Отток квалифицированных специалистов из региона	Система удержания кадров (конкурентная оплата, жильё, социальная инфраструктура); создание привлекательной профессиональной среды на территории парка
Финансовые риски инноваций	Недостаточность финансирования НИОКР резидентов	Создание на базе парка фонда поддержки инноваций; содействие в получении грантового финансирования (РНФ, ФРП); развитие модели симбиотического финансирования [6]

Группа рисков	Наименование риска	Типовые мероприятия по управлению рисками
	Инфляционный рост стоимости НИОКР и капитальных затрат	Использование пессимистического сценария в финансовых моделях; хеджирование; долгосрочные договоры с поставщиками оборудования
	Неплатежи резидентов, снижающие инвестиционные возможности УК	Рейтингование надёжности резидентов; дифференцированные кредитные лимиты; использование факторинга и системы предоплаты
Экологические риски	Инциденты при апробации новых технологических процессов	Обязательная экологическая экспертиза новых технологических регламентов; страхование экологических рисков; система непрерывного экологического мониторинга
	Репутационный ущерб парка вследствие экологических инцидентов резидентов	Экологическая политика парка; публичная отчётность об экологических показателях; формирование положительного экологического имиджа

Таким образом, комплекс рисков инновационной деятельности в индустриальном парке носит системный характер и не может быть эффективно управляем исключительно на уровне отдельного резидента. Приоритетными задачами остаются устранение институциональных деформаций, формирование специализированных инструментов поддержки НИОКР, внедрение комплексного показателя рисков как метрики при принятии управленческих решений и переход от количественных к качественным ориентирам государственной промышленной политики в сфере индустриальных парков.

4. Заключение

В ходе исследования предложена расширенная восьмикритериальная типология индустриальных парков, систематизирующая существующие подходы. Ключевыми для оценки инновационного потенциала являются тип производственной площадки, специализация и ориентация на цифровую экономику.

Также авторское определение «инновационной деятельности индустриального парка» операционализирует понятие Руководства OECD через три принципиальных дополнения: множественность субъектов, сетевой характер взаимодействий и пространственная локализация.

Описанный комплекс рисков инновационной деятельности носит многоуровневый характер и покрывает наиболее значимые области неопределенности при создании и функционировании индустриального парка.

Литература

1.Миронов Д.С. Индустриальные парки в инфраструктуре инновационного развития // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19. – № 10. – С. 3009–3028.

2.Адамайтис С.А. Роль индустриальных парков и технопарков в социально-экономическом развитии российских регионов // Региональные исследования. – 2021. – № 2 (72). – С. 86–96.

3.Industrial Estate. Principles and Practices. Vienna: UNIDO, 1997. – 47 p.

4.ГОСТ Р 56301–2014. Индустриальные парки. Требования. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

5.Мальцева А.А., Щеглов А.А., Серов А.А. Научно-методические основы классификации индустриальных парков // Вопросы экономической теории. – 2014. – С. 95–110.

6.Рогова Т.Н., Глухова С.А., Федюкова Г.Х. Стратегическое инновационное развитие в системе региональной финансово-экономической безопасности: теория и практика. – Ульяновск: УлГТУ, 2020. – 108 с. ISBN 978-5-9795-2068-1.

7.Войтюк В.Н. Анализ моделей Greenfield и Brownfield при создании индустриальных парков // Теория и практика мировой науки. – С. 28–32.

8.Горохов А.Ю., Войтюк В.Н. Роль промышленных парков в пространственном развитии региона // Пространственное развитие региона: перспективы, приоритеты, ресурсы. – С. 38–41.

9.Миронов Д.С. Привлечение резидентов в российские индустриальные парки: проблемы, анализ, методы // Региональная экономика и управление. – 2017. – № 3 (51). – URL: http://eee-region.ru/article/5111/

10.Николаев А.С. Технология нововведений: учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. – 116 с.

11.OECD/Eurostat (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th Ed. Paris: OECD Publishing. 258 p. DOI: 10.1787/9789264304604-en.

12.Ахметзянов А.Р., Наширванова Я.Ф. Государственные индустриальные парки в системе механизмов инновационного развития российских регионов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – № 1. – Т. 2. – С. 79–85. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.02.008.

13.Индустриальные города Саудовской Аравии: аналитический обзор ключевых объектов. – 2025. (Внутренний аналитический документ.)

14.Кузнецов С.В., Смирнова Е.А. Роль инновационных парков в инновационном развитии региона // Инновации. – 2019. – № 5 (247). – С. 19–27.

Innovation activity in the industrial park ecosystem: participants, functions and risks

Gorovoy A.A., Zaitsev D.V.
ITMO University

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines the phenomenon of innovation activity as a system-forming characteristic of a modern industrial park. Based on a critical analysis of domestic and foreign literature and OECD/Eurostat guidance documents, the author proposes a definition of "innovative activity of an industrial park". Types of activity within the park are systematized. A multicriteria typology of parks is proposed. A comparative analysis of major Russian industrial parks and Saudi Arabian industrial cities – two fundamentally different models of industrial policy – is carried out. Key participants of the innovation ecosystem are identified, and a set of innovation activity risks is revealed.

Keywords: industrial park, innovation, innovation activity, greenfield, brownfield, SEZ, risk management.

References

1.Mironov D.S. Industrial parks in the infrastructure of innovative development. Rossiyskoe predprinimatelstvo. 2018. Vol. 19. No. 10. Pp. 3009–3028.

2.Adamaytis S.A. Role of industrial parks and technoparks in regional socio-economic development in Russia. Regionalnyye issledovaniya. 2021. No. 2 (72). Pp. 86–96.

3.Industrial Estate. Principles and Practices. Vienna: UNIDO, 1997. 47 p.

4.GOST R 56301–2014. Industrial parks. Requirements. Moscow: Standartinform, 2014. 16 p.

5.Maltseva A.A., Shcheglov A.A., Serov A.A. Scientific and methodological foundations for the classification of industrial parks. Voprosy ekonomicheskoy teorii. 2014. Pp. 95–110.

6.Rogova T.N., Glukhova S.A., Fedyukova G.Kh. Strategic innovative development in the system of regional financial and economic security. Ulyanovsk: UlSTU, 2020. 108 p.

7.Voytyuk V.N. Analysis of Greenfield and Brownfield models in the creation of industrial parks. Teoriya i praktika mirovoy nauki. Pp. 28–32.

8.Gorokhov A.Yu., Voytyuk V.N. The role of industrial parks in the spatial development of the region. Prostranstvennoye razvitiye regiona. Pp. 38–41.

9.Mironov D.S. Involvement of residents in Russian industrial parks: problems, analysis, methods. Regional'naya ekonomika i upravleniye. 2017. No. 3 (51). URL: http://eee-region.ru/article/5111/

10.Nikolaev A.S. Tekhnologiya novovvedeniy. St. Petersburg: ITMO University, 2018. 116 p.

11.OECD/Eurostat. Oslo Manual 2018. 4th Edition. Paris: OECD Publishing, 2018. 258 p. DOI: 10.1787/9789264304604-en.

12.Akhmetzyanov A.R., Nashirvanova Ya.F. State industrial parks in the system of innovative development mechanisms. Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya. 2025. No. 1. Vol. 2. Pp. 79–85. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.02.008.

13.Saudi Arabia Industrial Cities: Analytical Review. 2025.

14.Kuznetsov S.V., Smirnova E.A. Innovation parks' role in the regional economics innovation development. Innovatsii. 2019. No. 5 (247). Pp. 19–27.

Роль инновационных кластеров в развитии малого инновационного предпринимательства (на примере фармацевтической отрасли Калужской области)

Злобин Никита Олегович
аспирант, кафедра мировой экономики, Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации, logistics@zlobinn.ru

Развитие малого инновационного предпринимательства в фармацевтической отрасли выступает одним из ключевых условий обеспечения лекарственной безопасности и импортозамещения, однако в России этот сектор сталкивается с высокими входными барьерами, ограничивающими рост малых предприятий. Инновационные территориальные кластеры рассматриваются как инструмент преодоления указанных ограничений за счет кооперации науки, крупного бизнеса и государства. Цель исследования – оценить результативность Калужского фармацевтического кластера как среды для развития малого инновационного предпринимательства в период 2020–2025 годов. Методология основана на качественно-количественном анализе кейса с использованием официальных данных Агентства инновационного развития Калужской области, Росстата, реестров резидентов кластера и отраслевой статистики. Проанализирована динамика числа малых и средних инновационных производств в составе кластера, их доступ к научной и производственной инфраструктуре, а также кооперационные связи с якорными компаниями. Результаты показывают, что за пять лет число участников кластера достигло более 70 предприятий, из которых около 40 относятся к малым и средним инновационным производствам, а объем выпуска вырос в 2,2 раза. Выявлено, что ключевыми факторами, способствующими развитию малых предприятий, выступают концентрация государственных научных центров, наличие GMP-инфраструктуры и системная государственная поддержка, тогда как основными барьерами остаются высокие издержки регистрации и клинических испытаний, дефицит венчурного капитала и узкопрофильных специалистов. Обосновано, что кластерная модель создает благоприятные предпосылки для развития малого фармацевтического бизнеса, однако требует целенаправленной политики по снижению регуляторной нагрузки и расширению доступа малых компаний к инфраструктуре.

Ключевые слова: инновационный кластер, малое инновационное предпринимательство, фармацевтическая отрасль, Калужская область, кластерная политика, импортозамещение, GMP-инфраструктура.

Введение

Фармацевтическая отрасль в последние годы выдвинулась в число стратегических приоритетов экономической политики России. Пандемия COVID-19, а затем и санкционное давление 2022–2025 годов обнажили уязвимость национальных систем здравоохранения перед перебоями поставок импортных лекарственных средств и субстанций. Как отмечается в докладе МВФ, глобальные кризисы цепочек поставок затронули фармацевтический сектор в особой степени, вынуждая правительства форсировать локализацию производств полного цикла [1]. В России эта тенденция получила институциональное закрепление: в 2023 году была утверждена Стратегия развития фармацевтической промышленности до 2030 года («Фарма-2030»), предусматривающая увеличение доли отечественных лекарственных средств в потреблении до 60% и стимулирование полного цикла производства – от синтеза субстанций до готовых лекарственных форм [2]. В России кластерная политика прошла несколько этапов эволюции. С 2012 года Минэкономразвития реализует программу поддержки инновационных территориальных кластеров, в рамках которой были отобраны 27 пилотных проектов [9]. Калужский фармацевтический кластер вошел в это число и с тех пор демонстрирует наиболее динамичные показатели роста среди фармацевтических кластеров страны. Согласно данным Агентства инновационного развития Калужской области, за пять лет (2020–2025) число участников кластера увеличилось до более чем 70 предприятий и организаций, из которых около 40 относятся к малым и средним инновационным производствам, а совокупная выручка достигла 88 млрд рублей [10]. Кластер стал первым и единственным в России обладателем серебряного сертификата Cluster Excellence Европейского секретариата кластерного анализа (ESCA) [11].

Однако при видимых успехах кластера остается открытым вопрос: в какой мере его инфраструктура и институты реально способствуют развитию именно малых инновационных предприятий, а не только укрепляют позиции якорных резидентов – крупных фармзаводов? Анализ литературы выявляет здесь исследовательскую лакуну. Большинство российских публикаций по кластерной тематике фокусируется на общеэкономических эффектах кластеризации [12], тогда как специфика развития МИП внутри кластеров, особенно в высокорегулируемой фармацевтической отрасли, изучена недостаточно. Зарубежные исследования, в свою очередь, проведены на материале стран с развитыми институтами венчурного рынка и слабо применимы к российским условиям [13].

Цель настоящей статьи – оценить результативность Калужского фармацевтического кластера как среды для развития малого инновационного предпринимательства в фармацевтической отрасли за 2020–2025 годы и выявить факторы, способствующие и препятствующие такому развитию. Исследование опирается на качественно-количественный анализ кейса с использованием официальных данных Агентства инновационного развития Калужской области (АИРКО), территориального органа Росстата по Калужской области, реестров резидентов кластера, годовых отчетов компаний-участников и отраслевой статистики.

Общая характеристика и динамика развития кластера (2020–2025 гг.)

Калужский фармацевтический кластер по итогам 2025 года представляет собой крупнейшее в России объединение фармацевтических производителей, научных центров и малых инновационных компаний. По данным Агентства инновационного развития Калужской области (АИРКО), кластер объединяет более 70 предприятий и организаций, на которых занято свыше 10 тысяч специалистов. В составе кластера действуют 11 заводов полного цикла, соответствующих международному стандарту GMP (надлежащая производственная практика). Совокупная выручка участников по итогам 2025 года достигла 88 млрд рублей.

Количественные и качественные показатели кластера демонстрируют выраженную положительную динамику. За пятилетний период (2020–2025 гг.) объем производства вырос в 2,2 раза. Только за первые девять месяцев 2025 года темп роста в отрасли превысил 22%. Ассортимент выпускаемой продукции расширился до более чем 250 наименований жизненно важных лекарственных средств; еще около 50 препаратов находятся на различных этапах освоения и регистрации. Эти цифры существенно превосходят показатели 2020 года, когда в составе кластера

насчитывалось 65 участников, а номенклатура выпускаемых препаратов составляла порядка 50 наименований (при 30 дополнительных на стадии регистрации).

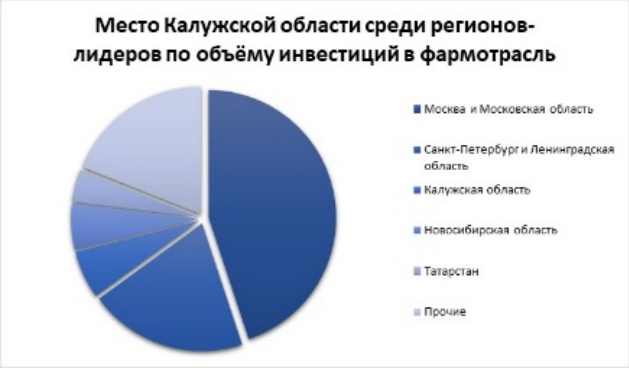


Рисунок 1. Распределение инвестиционных проектов в фармацевтической отрасли по регионам России, 2024 г., %
Источник: составлено авторами по данным «ТендерПро»

Особо значимым является структурный сдвиг в сторону импортозамещения. Биотехнологический комплекс «Росва» осуществил запуск первого в России производства растворов фармацевтической глюкозы из собственных субстанций, ранее поставлявшихся исключительно по импорту. Запланировано расширение линейки продукции за счет аскорбиновой кислоты, аминокислот, витаминов и ферментов, аналогов которым ранее в российском производстве не существовало.

Позиция малых и средних инновационных предприятий в структуре кластера

Согласно регистру, из более чем 70 участников кластера около 40 – малые и средние инновационные производства (МИП), то есть их доля превышает 55 %. В кластере также есть три государственных научных центра – они обеспечивают малые компании технологиями и кадрами. МИП кластера сосредоточены в четырёх сегментах: биотехнологии, радиофармацевтика, производство медицинского оборудования и ИТ для фармацевтики. В этих сферах барьеры входа ниже, чем в производстве дженериков или готовых лекарств. Примеры взаимодействия малого бизнеса с якорными структурами кластера – компании «Фарм-МедКомПакт» (производитель решений для фармацевтической упаковки) и завод «НИАРМЕДИК ФАРМА» (создан на базе НИИ им. Н.Ф. Гамалеи, реализует полный цикл производства – от синтеза субстанций до выпуска готовой продукции).

Инфраструктурная поддержка малого инновационного предпринимательства

Кластерная инфраструктура Калужской области представляет собой многоуровневую систему, ориентированную на снижение издержек для резидентов. Ключевым координатором выступает АО «Агентство инновационного развития – центр кластерного развития Калужской области» (АИРКО), в задачи которого входит формирование единого информационного пространства и поля услуг, необходимых предприятиям-участникам.

Для малых инновационных предприятий критически значимы следующие элементы инфраструктуры:

1. Производственная база. Действующие 11 GMP-заводов обеспечивают возможность контрактного производства, что позволяет малым компаниям выводить продукцию на рынок без инвестиций в собственные производственные мощности.
2. Научная база. Три государственных научных центра на территории кластера обеспечивают доступ к лабораторному оборудованию и исследовательским компетенциям, необходимым для проведения НИОКР.
3. Образовательная инфраструктура. Центр практического обучения при кластере обеспечивает подготовку специалистов с компетенциями, соответствующими реальным производственным требованиям.
4. Инвестиционные площадки. Индустриальные парки и особая экономическая зона (ОЭЗ) предоставляют подготовленные участки с подведенными коммуникациями, что особенно важно для малых компаний, не имеющих ресурсов на инфраструктурное строительство.

Инвестиционные проекты и их значение для малого бизнеса

В 2024–2025 годах в рамках кластера инициирован ряд крупных инвестиционных проектов, способных оказать мультипликативный эффект на сектор малого предпринимательства. К числу наиболее значимых относятся:

- строительство завода «Фармасинтез-Медтех» по производству оборудования для диализа с плановым запуском в 2026 году;
- строительство комплекса ГК «Фармасинтез» по выпуску субстанций и цитостатиков;
- завершение строительства крупнейшего в Европе завода радиофармпрепаратов совместно с ГК «Росатом»;
- создание российско-индийского завода по выпуску инновационных лекарственных средств в рамках соглашения между «Фармасинтез» и «БДР Фармасьютикалз».

Эти проекты формируют спрос на услуги малых инновационных компаний – от разработки отдельных технологических решений до поставок специализированных компонентов и услуг по сертификации. В частности, развитие направления радиофармацевтики, включающее создание новых радиофармпрепаратов и совершенствование технологий применения радиоизотопов, открывает ниши для малых биотехнологических стартапов, специализирующихся на таргетной терапии и диагностике.

Институциональное признание и эффективность системы управления

Калужский фармацевтический кластер стал первым и на сегодняшний день единственным в России обладателем серебряного сертификата «Cluster Excellence» Европейского секретариата кластерного анализа (ESCA). Сертификация проводилась в 2017 году по методике European Cluster Excellence Initiative, включающей оценку по 30 показателям в сравнении с ведущими европейскими кластерами соответствующего профиля. Получение сертификата подтвердило соответствие системы управления кластером мировым стандартам и обеспечило дополнительные возможности для международной кооперации, что потенциально выгодно и малым инновационным компаниям, заинтересованным в экспорте технологий и привлечении зарубежных партнеров.

Косвенным свидетельством институциональной зрелости кластера выступает проведение стратегических сессий с участием представителей МИП, посвященных реализации национальной стратегии «Фарма-2030». Работа на сессиях организуется по шести направлениям (биотехнологии, образование и кадры, информационные технологии, радиофармацевтика, экология и охрана труда, стратегическое развитие), причем малые компании участвуют в выработке решений наравне с якорными резидентами [19].

Факторы, способствующие развитию малых инновационных предприятий в кластере

Эффект концентрации научной инфраструктуры – ключевой фактор: на территории кластера действуют три государственных научных центра (Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба, НИФХИ им. Л.Я. Карпова и ВНИИСХРАЭ), снижающих для малых предприятий издержки доступа к лабораторной базе и открывающих возможности для совместных проектов [19]. Это согласуется с работами Портера и Кетельса о роли географической близости науки и бизнеса [6, 8].

Второй фактор – наличие 11 заводов с GMP-инфраструктурой, обеспечивающих контрактное производство для малых компаний без собственных мощностей [12]. Для МИП на начальных этапах коммерциализации такая модель практически безальтернативна – строительство GMP-производства требует десятков миллионов долларов. Аналогичная практика есть в европейских кластерах [7].

Третий драйвер – институциональная поддержка через ассоциацию «Калужский фармацевтический кластер». Она служит коммуникационной площадкой: малые компании получают доступ к якорным резидентам и органам власти, участвуют в стратегических сессиях наравне с крупными игроками. Статистические показатели подтверждают результативность механизмов: за 5 лет объём производства вырос в 2,2 раза, ассортимент достиг более 250 наименований лекарств, число участников превысило 70 организаций [15]. Около 40 из них – МИП, что говорит о диверсифицированной структуре кластера [2].

Барьеры и ограничения для малого инновационного предпринимательства

Несмотря на позитивную динамику, анализ выявляет несколько устойчивых барьеров, ограничивающих развитие МИП в составе кластера.

Первый и наиболее значимый – дефицит узкопрофильных специалистов. Кадровая проблема носит хронический характер для калужской

фармацевтики: как отмечалось ещё в начале 2010-х годов, линейные вакансии приходилось заполнять работниками с непрофильным образованием, а потребность в высококвалифицированных кадрах, занятых в разработке и постановке лекарств на производство, удовлетворялась лишь на 10–20% . Для малых инновационных компаний, не располагающих ресурсами для самостоятельной подготовки специалистов, этот барьер особенно критичен. Ситуация усугубляется тем, что с ростом кластера обостряется конкуренция за кадры между участниками.

В ответ на этот вызов кластером реализован ряд инициатив: создан Центр практического обучения работников фармацевтической промышленности на площадке ИАТЭ НИЯУ МИФИ, оснащённый блоком «чистых помещений», соответствующих стандартам GMP; кафедра фармацевтической и радиофармацевтической химии привлекла к преподаванию действующих специалистов предприятий-участников кластера. Однако системного решения проблемы пока не достигнуто: малые компании по-прежнему проигрывают крупным в борьбе за выпускников профильных программ.

Второй барьер – высокие издержки регистрации и клинических испытаний. Фармацевтическая отрасль относится к числу наиболее зарегулированных: вывод на рынок одного препарата требует, по оценкам DiMasi и коллег, в среднем 2,6 млрд долларов инвестиций с учётом стоимости неудачных разработок [9]. Даже с поправкой на российские реалии стоимость клинических исследований и регистрационных процедур остаётся запретительно высокой для большинства МИП. В этом контексте показательно, что в рамках кластера инициировано создание Центра доклинических исследований на базе МРНЦ имени А.Ф. Цыба, способного снизить барьер входа для малых разработчиков.

Третий барьер – ограниченный доступ к венчурному капиталу. В отличие от развитых биофармацевтических кластеров (Бостон, Кембридж, Базель), где венчурные фонды и бизнес-ангелы формируют зрелую экосистему финансирования ранних стадий, в Калужском кластере венчурная инфраструктура остаётся неразвитой. Малые компании вынуждены опираться преимущественно на грантовое финансирование и собственные средства, что ограничивает масштаб и скорость разработки инновационных продуктов. Программой развития кластера предусмотрено создание бизнес-инкубатора для малых фармацевтических компаний, прошедших стадию инжиниринга, однако полноценных венчурных механизмов это не заменяет.

Структурные риски кластерного развития

Результаты анализа позволяют зафиксировать риск формирования «двухскоростной» модели развития, когда основные выгоды от кластерной кооперации концентрируются у якорных резидентов. Крупные инвестиционные проекты – «Фармасинтез», «Фармасинтез-Медтех», завод радиофармпрепаратов, российско-индийский завод – исчисляются миллиардами рублей и формируют основной прирост производственных показателей. Малые предприятия, хотя и присутствуют в кластере в значительном количестве, занимают периферийные ниши и зависят от контрактных отношений с теми же якорными компаниями.

Этот риск не является уникальным для Калуги. Сравнительные исследования российских инновационных кластеров, проведённые Куценко Е.С., показывают, что российская модель кластеризации в целом тяготеет к доминированию крупных игроков, тогда как в европейской практике кластеры чаще формируются «снизу» по инициативе малого и среднего бизнеса [8]. С этой точки зрения Калужский кластер демонстрирует смешанную модель: кооперация инициируется и координируется «сверху» государством и крупным бизнесом, но при этом инфраструктура и институты постепенно открываются для малых участников.

Заключение

Проведённый анализ Калужского фармацевтического кластера за период 2020–2025 годов позволяет сформулировать несколько значимых выводов относительно его результативности как среды для развития малого инновационного предпринимательства.

Во-первых, кластер демонстрирует выраженную положительную динамику по ключевым количественным показателям. За пять лет число участников выросло до порядка 70 предприятий и организаций, объём производства увеличился в 2,5 раза, а совокупная выручка по итогам 2025 года достигла 88 млрд рублей. Ассортимент выпускаемой продукции расширился до более чем 250 наименований жизненно важных лекарственных средств, ещё около 50 препаратов находятся на различных стадиях регистрации. Эти цифры свидетельствуют о том, что кластерная модель организации фармацевтического производства в условиях Калужской области доказала свою экономическую эффективность.

Во-вторых, установлено, что малые и средние инновационные предприятия занимают значимую долю в структуре кластера – около 40 из более чем 70 участников относятся именно к этой категории. Таким образом, более половины резидентов кластера составляют не якорные заводы-гиганты, а относительно небольшие компании, специализирующиеся на биотехнологиях, радиофармацевтике, производстве медицинского оборудования и информационных технологиях для фармацевтики. Это опровергает предположение о том, что кластерные эффекты в российских условиях достаются исключительно крупному бизнесу, и свидетельствует о постепенном формировании диверсифицированной инновационной экосистемы.

В-третьих, выявлены ключевые факторы, способствующие развитию МИП в составе кластера. К ним относятся: концентрация трёх государственных научных центров, обеспечивающих доступ к исследовательской инфраструктуре; наличие 11 GMP-сертифицированных заводов, создающих возможность контрактного производства; системная деятельность АИРКО как центра кластерного развития, координирующего взаимодействие участников; а также реализация образовательных программ на базе Центра практического обучения ИАТЭ НИЯУ МИФИ, частично смягчающих кадровый дефицит.

В-четвёртых, зафиксированы устойчивые барьеры, ограничивающие потенциал малых инновационных компаний. Главными среди них остаются: хронический дефицит узкопрофильных специалистов, по которому малые компании проигрывают конкуренцию крупным работодателям; высокие издержки клинических испытаний и регистрационных процедур, создающие запретительный порог входа для небольших разработчиков; а также неразвитость венчурной инфраструктуры, вынуждающая МИП опираться преимущественно на грантовое финансирование и собственные средства [9].

В-пятых, подтверждено наличие структурного риска формирования «двухскоростной» модели, при которой основные выгоды от кластерной кооперации концентрируются у якорных резидентов, тогда как малые предприятия занимают периферийные ниши и зависят от контрактных отношений с крупными игроками. Крупнейшие инвестиционные проекты – строительство завода радиофармпрепаратов совместно с ГК «Росатом» (9 млрд рублей), комплекса ГК «Фармасинтез» по выпуску субстанций и цитостатиков, российско-индийского завода (3 млрд рублей), завода «Фармасинтез-Медтех» – исчисляются миллиардами рублей и формируют основной прирост производственных показателей, тогда как малые компании, хотя и присутствуют в значительном количестве, не располагают сопоставимыми ресурсами.

С учётом выявленных барьеров и рисков можно сформулировать ряд рекомендаций для региональной политики. Во-первых, требуется расширение целевых программ поддержки МИП, включая софинансирование клинических исследований и регистрационных процедур для малых разработчиков. Создание Центра доклинических исследований на базе МРНЦ имени А.Ф. Цыба является шагом в этом направлении, однако необходимы и финансовые механизмы, снижающие барьер входа для небольших компаний. Во-вторых, целесообразно развитие венчурной инфраструктуры, в том числе через создание отраслевого венчурного фонда с участием якорных компаний кластера и регионального бюджета. В-третьих, важно продолжать расширение международной кооперации – первые шаги в этом направлении, включая представление возможностей кластера на форумах в Индии и соглашение с «БДР Фармасьютикалз», закладывают основу для выхода малых инновационных компаний на внешние рынки.

Ограничениями настоящего исследования выступают: опора преимущественно на открытые данные, которые могут не отражать полной картины кооперационных связей; агрегированный характер статистики, затрудняющий выделение вклада именно МИП в общие показатели кластера; а также невозможность строгого установления причинно-следственных связей без контрфактуального анализа. Перспективными направлениями будущих исследований могут стать сравнительный анализ нескольких фармацевтических кластеров России по критериям развития МИП, углублённое изучение кооперационных сетей с применением методов сетевого анализа, а также лонгитюдное исследование траекторий развития отдельных малых компаний – резидентов кластера.

Литература

1. International Monetary Fund. World Economic Outlook Update, June 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020 (дата обращения: 04.05.2026).

2. Постановление Правительства РФ от 05.06.2023 № 940 «Об утверждении Стратегии развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. – 2023. – № 24. – Ст. 4321.

3. Frey C.B., Osborne M.A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? // Technological Forecasting and Social Change. – 2017. – Vol. 114. – P. 254–280. – doi: 10.1016/j.techfore.2016.08.019.

4. DiMasi J.A., Grabowski H.G., Hansen R.W. Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs // Journal of Health Economics. – 2016. – Vol. 47. – P. 20–33. – doi: 10.1016/j.jhealeco.2016.01.012.

5. Гусева О. Поддержка государственных и частных институтов для биомедицинских стартапов в России // Journal of Corporate Finance Research. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 27–41. – doi: 10.17323/j.jcfr.2073-0438.15.2.2021.27-41 .

6. Портер М. Конкуренция: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с.

7. Cooke P. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy // Industrial and Corporate Change. – 2001. – Vol. 10, No. 4. – P. 945–974. – doi: 10.1093/icc/10.4.945.

8. Ketels C., Sölvell Ö. Clusters in the EU-10 new member countries. – Brussels: European Commission, 2006. – 62 p.

9. Куценко Е.С. Пилотные инновационные территориальные кластеры России: модель эталонного кластера // Форсайт. – 2015. – Т. 9, № 2. – С. 32–55. – doi: 10.17323/1995-459X.2015.2.32.55.

10. Большой рывок сделали фармацевтические предприятия // Агентство инновационного развития Калужской области (АИРКО). – 2025. – 17 апр. [Электронный ресурс]. URL: https://airko.org/page67204039.html (дата обращения: 04.05.2026) [citation:10].

11. Калужский фармацевтический кластер первым в РФ успешно прошел аудит и стал обладателем серебряного сертификата «Cluster Excellence» ESCA // НИУ ВШЭ. – 2017. – 21 нояб. [Электронный ресурс]. URL: https://cluster.hse.ru/news/212281646.html (дата обращения: 04.05.2026).

12. Марков Л.С., Ягольницер М.А. Кластеры: формализация взаимосвязей в информационной модели // Регион: экономика и социология. – 2016. – № 3. – С. 125–143.

13. Grilli L., Murtinu S. Government, venture capital and the growth of European high-tech entrepreneurial firms // Research Policy. – 2014. – Vol. 43, No. 9. – P. 1523–1543. – doi: 10.1016/j.respol.2014.04.002.

14. Yin R.K. Case Study Research: Design and Methods. 5th ed. – Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2014. – 282 p.

15. Калужский фармацевтический кластер первым в Российской Федерации успешно прошел процедуру аудита и стал обладателем серебряного сертификата «Cluster Excellence» Европейского Секретариата Кластерного Анализа (ESCA) // НИУ ВШЭ. – 2017. – 21 нояб. [Электронный ресурс]. URL: https://cluster.hse.ru/news/212281646.html (дата обращения: 05.05.2026).

16. Малое и среднее предпринимательство в России. 2024: Стат. сб. / Росстат. – М., 2024. – 96 с.

17. Калужская область в цифрах. 2024: Краткий стат. сб. / Калугастат. – Калуга, 2024. – 128 с.

18. Большой рывок сделали фармацевтические предприятия // Агентство инновационного развития Калужской области (АИРКО). – 2025. – 17 апр. [Электронный ресурс]. URL: https://airko.org/page67204039.html (дата обращения: 05.05.2026).

19. Регистр кластера «Фармацевтика, биотехнологии и биомедицина» Калужской области // Калужский фармацевтический кластер. [Электронный ресурс]. URL: https://www.pharmclusterkaluga.ru/reestr/page3/ (дата обращения: 05.05.2026).

20. Калужский фармкластер в цифрах // Обнинский Вестник. – 2025. – 21 окт. [Электронный ресурс]. URL: https://vestnik-obninsk.ru/kaluzhskij-farmklaster-v-cifrax/ (дата обращения: 05.05.2026).

The role of innovation clusters in the development of small innovative entrepreneurship (using the pharmaceutical industry of the Kaluga region as an example)

Zlobin N.O.

Russian Foreign Trade Academy of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

Digital transformation and the introduction of artificial intelligence are among the key factors for increasing the competitiveness of national economies. However, for developing countries such as Peru, realizing their potential is limited by institutional, infrastructural, and social barriers. The aim of the article is to assess the opportunities for deepening digitalization and the diffusion of AI technologies to enhance the competitiveness of the Peruvian economy, taking into account the current level of digital maturity. The study is based on a mixed approach: Peru's positions in the international IMD World Competitiveness Ranking, the World Digital Competitiveness Ranking, and the Network Readiness Index 2025 are analyzed, while Pearson correlation analysis is applied to identify the relationship between digitalization and socio-economic indicators. The results show that Peru occupies one of the last places among Latin American countries in terms of digital competitiveness (64th out of 69). At the same time, significant progress was observed in 2019–2024 in expanding internet access, the growth of e-commerce, and the implementation of AI in various sectors. A strong statistically significant correlation was identified between digitalization indicators and GDP, labor productivity, and wages, as well as a negative correlation with poverty and inequality indicators. It is substantiated that digitalization and AI can become factors for increasing Peru's competitiveness only under the condition of synchronously strengthening institutions, reducing the territorial digital divide, and developing the population's digital competencies. The material will be useful to researchers and educators in the field of digital economy, entrepreneurs, and government officials involved in digitalization and economic development of Latin American countries, particularly Peru.

Keywords: innovation cluster, small innovative entrepreneurship, pharmaceutical industry, Kaluga region, cluster policy, import substitution, GMP infrastructure.

References

1. International Monetary Fund. (2020, June). *World Economic Outlook Update, June 2020*. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020
2. Government of the Russian Federation. (2023). Postanovlenie Pravitelstva RF ot 05.06.2023 № 940 «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya farmatsevticheskoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation of 05.06.2023 No. 940 "On Approval of the Strategy for the Development of the Pharmaceutical Industry of the Russian Federation for the Period up to 2030"]. *Sobranie zakonodatelstva RF*, (24), Art. 4321.
3. Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change, 114*, 254–280. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019
4. DiMasi, J. A., Grabowski, H. G., & Hansen, R. W. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs. *Journal of Health Economics, 47*, 20–33. https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2016.01.012
5. Guseva, O. (2021). Podderzhka gosudarstvennykh i chastnykh institutov dlya biomeditsinskikh startapov v Rossii [Support of state and private institutions for biomedical startups in Russia]. *Journal of Corporate Finance Research, 15*(2), 27–41. https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.15.2.2021.27-41
6. Porter, M. (2005). *Konkurentsiya* [Competition] (Trans. from English). Moscow: Vilyams.
7. Cooke, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change, 10*(4), 945–974. https://doi.org/10.1093/icc/10.4.945
8. Ketels, C., & Sölvell, Ö. (2006). *Clusters in the EU-10 new member countries*. Brussels: European Commission.
9. Kutsenko, E. S. (2015). Pilotnye innovatsionnye territorialnye klastery Rossii: model etalonnogo klastera [Pilot innovative territorial clusters of Russia: A model of a reference cluster]. *Forsayt, 9*(2), 32–55. https://doi.org/10.17323/1995-459X.2015.2.32.55
10. Agentsvo innovatsionnogo razvitiya Kaluzhskoy oblasti (AIRKO). (2025, April 17). *Bolshoy ryvok sdelali farmatsevticheskie predpriyatiya* [Pharmaceutical enterprises made a big leap]. https://airko.org/page67204039.html
11. NIU VShE. (2017, November 21). *Kaluzhskiy farmatsevticheskiy klaster pervym v RF uspeshno proshel audit i stal obladatelem serebryanogo sertifikata «Cluster Excellence» ESCA* [Kaluga pharmaceutical cluster was the first in the Russian Federation to successfully pass the audit and become the owner of the silver certificate "Cluster Excellence" ESCA]. https://cluster.hse.ru/news/212281646.html
12. Markov, L. S., & Yagolnitser, M. A. (2016). Klastery: formalizatsiya vzaimosvyazey v informatsionnoy modeli [Clusters: Formalization of interconnections in the information model]. *Region: ekonomika i sotsiologiya*, (3), 125–143.
13. Grilli, L., & Murtinu, S. (2014). Government, venture capital and the growth of European high-tech entrepreneurial firms. *Research Policy, 43*(9), 1523–1543. https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.04.002
14. Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
15. NIU VShE. (2017, November 21). *Kaluzhskiy farmatsevticheskiy klaster pervym v Rossiyskoy Federatsii uspeshno proshel protseduru audita i stal obladatelem serebryanogo sertifikata «Cluster Excellence» Evropeyskogo Sekretariata Klasternogo Analiza (ESCA)* [Kaluga pharmaceutical cluster was the first in the Russian Federation to successfully pass the audit procedure and become the owner of the silver certificate "Cluster Excellence" of the European Secretariat for Cluster Analysis (ESCA)]. https://cluster.hse.ru/news/212281646.html
16. Rosstat. (2024). *Maloe i srednee predprinimatelstvo v Rossii. 2024: Stat. sb.* [Small and medium entrepreneurship in Russia. 2024: Statistical collection]. Moscow.
17. Kalugastat. (2024). *Kaluzhskaya oblast v tsifrakh. 2024: Kratkiy stat. sb.* [Kaluga region in figures. 2024: Brief statistical collection]. Kaluga.
18. Agentsvo innovatsionnogo razvitiya Kaluzhskoy oblasti (AIRKO). (2025, April 17). *Bolshoy ryvok sdelali farmatsevticheskie predpriyatiya* [Pharmaceutical enterprises made a big leap]. https://airko.org/page67204039.html
19. Kaluzhskiy farmatsevticheskiy klaster. (n.d.). *Registr klastera «Farmatsevtika, biotekhnologii i biomeditsina» Kaluzhskoy oblasti* [Register of the cluster "Pharmaceuticals, Biotechnology and Biomedicine" of the Kaluga region]. https://www.pharmclusterkaluga.ru/reestr/page3/
20. Obninskiy Vestnik. (2025, October 21). *Kaluzhskiy farmklaster v tsifrakh* [Kaluga pharmaceutical cluster in figures]. https://vestnik-obninsk.ru/kaluzhskij-farmklaster-v-cifrax/

Инновационный контур интеграции цифровых HR-инструментов в систему управления организацией

Кузовихин Алексей Александрович
аспирант, экономический факультет, кафедра государственных закупок, менеджмента и государственного управления, Государственный университет просвещения, aakuzovikhin@gmail.com

В статье рассматривается инновационный контур интеграции цифровых HR-инструментов в систему управления организацией. Обосновано, что цифровая трансформация управления человеческими ресурсами не ограничивается автоматизацией кадровых операций, а формирует новую управленческую архитектуру, основанную на данных, аналитике, цифровых компетенциях и адаптивных коммуникациях. Цель исследования состоит в выявлении направлений применения цифровых HR-инструментов для повышения результативности организационного менеджмента. В работе систематизированы ключевые элементы цифрового HRM, включая HR-аналитику, цифровой подбор персонала, электронное обучение, платформенные коммуникации, мониторинг вовлеченности и управление цифровыми компетенциями. Сделан вывод о том, что инновационный потенциал цифрового HRM проявляется в ускорении управленческих решений, повышении прозрачности кадровых процессов, развитии гибких моделей занятости и усилении стратегической роли человеческих ресурсов в организации.

Ключевые слова: цифровой HRM, управление человеческими ресурсами, цифровая трансформация, HR-аналитика, цифровые компетенции, инновационный контур управления.

Введение

Цифровизация управления персоналом уже не сводится к переходу от бумажных документов к электронному кадровому учету. Для организации цифровизация имеет более глубокий сдвиг, поскольку меняется логика подбора, адаптации, обучения, оценки, мотивации и удержания сотрудников. HR-служба постепенно перестает быть только административным подразделением и становится источником управленческих данных. В этом смысле цифровой HRM работает не как набор разрозненных сервисов, а как связанная система, в которой кадровые решения принимаются быстрее, точнее и ближе к реальному состоянию коллектива. Такой подход позволяет рассматривать цифровые HR-инструменты не как техническое дополнение к кадровой работе, а как инновационный контур управления организацией [7].

Особое значение в этом контуре получает HR-аналитика. Раньше кадровые решения часто строились на опыте руководителя, субъективной оценке и отдельных отчетах. Сейчас организация может работать с массивами данных о подборе, текучести, вовлеченности, производительности, обучении, карьерных перемещениях и рисках выгорания. Это не отменяет управленческое мышление, но дает ему более надежную опору. HR-аналитика становится практическим инструментом, позволяющим не только фиксировать уже возникшие кадровые проблемы, но и заранее видеть зоны риска: уход сильных специалистов, слабую адаптацию новичков, перегрузку команд, неэффективность обучения или сбои во внутренней коммуникации [1].

Актуальность темы усиливается тем, что цифровые технологии меняют не только HR-процессы, но и саму модель управления предприятием. Управленческие решения принимаются в более плотном информационном поле, где скорость реакции становится важным условием устойчивости бизнеса. Для HR изменение формата модели означает переход от обслуживающей функции к участию в стратегическом управлении. Кадровый блок начинает влиять на производительность, инновационную активность, качество коммуникаций, адаптацию сотрудников к изменениям и способность организации удерживать компетенции, без которых цифровая трансформация остается только формальным обновлением программного обеспечения [8].

При этом цифровизация HRM не может быть успешной, если организация просто покупает новые платформы, не меняя подход к работе с людьми. Главный вопрос состоит не в наличии программы, а в том, встроена ли она в реальные процессы управления. Инновационные технологии в HR дают результат там, где они помогают решать конкретные задачи: быстрее закрывать вакансии, точнее оценивать компетенции, выстраивать персональные траектории обучения, поддерживать обратную связь, снижать текучесть и повышать прозрачность управленческих решений. Поэтому в статье цифровой HRM рассматривается через его прикладную пользу для организации, а не как модная управленческая тема [10].

Отдельного внимания требует проблемный вопрос, касающийся цифровых компетенций персонала. Даже самая удобная HR-платформа не даст эффекта, если сотрудники и руководители не умеют работать с данными, не доверяют цифровым процедурам или воспринимают их как дополнительную нагрузку. Цифровая трансформация управления персоналом всегда затрагивает привычки, роли и ответственность людей. Поэтому развитие цифровых компетенций становится не вспомогательным, а базовым условием внедрения HR-инструментов. Инновационный контур HRM включает не только технологии, но и готовность персонала пользоваться ими осмысленно, без имитации и сопротивления [6].

Цифровой HRM также связан с изменением формата занятости. Распространение удаленной и гибридной работы показало, что классические методы контроля, адаптации и коммуникации уже не всегда подходят. Руководителю нужны новые способы видеть загрузку команды, качество взаимодействия, эмоциональное состояние сотрудников и результативность работы без постоянного физического присутствия в офисе. Поэтому цифровые HR-инструменты нужны не ради технологического обновления как такового, а ради сохранения управляемости организации в условиях гибких рабочих форматов, дефицита кадров и постоянного изменения требований к персоналу [11].

Таким образом, проблема исследования состоит в противоречии между растущим количеством цифровых HR-инструментов и недостаточной проработанностью их интеграции в единую систему управления организацией. Многие компании уже используют отдельные решения

для подбора, обучения, оценки или кадровой аналитики, но не всегда связывают их со стратегическими целями, управленческими показателями и развитием человеческого капитала. Цель статьи заключается в раскрытии инновационного контура интеграции цифровых HR-инструментов в систему управления организацией. Для достижения этой цели необходимо определить содержание цифрового HRM, выделить его основные инструменты, показать управленческие эффекты их применения и обозначить условия, при которых цифровизация персонала действительно повышает результативность организации, а не превращается в формальное накопление программ и отчетов [14].

Материалы и методы исследований

Материалами исследования выступили научные публикации 2021–2026 гг., посвященные цифровой трансформации управления персоналом, HR-аналитике, цифровым компетенциям, удаленной занятости и внедрению инновационных кадровых технологий в российских организациях. Основу анализа составили статьи, в которых цифровой HRM рассматривается не как отдельный программный продукт, а как управленческая система, связывающая подбор, адаптацию, обучение, оценку, коммуникации и удержание сотрудников.

Методика исследования опиралась на качественный контент-анализ источников, сравнительное обобщение авторских подходов и логическую группировку цифровых HR-инструментов по их управленческим функциям.

На первом этапе были выделены повторяющиеся смысловые блоки: автоматизация кадровых процессов, аналитическая поддержка решений, развитие цифровых компетенций, изменение форматов занятости и повышение прозрачности работы с персоналом. На втором этапе данные блоки сопоставлялись с задачами организационного менеджмента: ускорением принятия решений, снижением кадровых рисков, ростом вовлеченности и усилением роли HR в стратегии компании.

Дополнительно учитывалась специфика малого и среднего бизнеса, поскольку именно в этом секторе цифровые решения часто внедряются точечно, без общей архитектуры управления и четкой оценки эффекта. Такой подход позволил рассматривать цифровизацию персонала не как техническую модернизацию, а как инновационный контур, влияющий на качество управления организацией, устойчивость её развития, адаптацию сотрудников к новым условиям труда и практическую результативность кадровых решений в текущей деловой среде и кадровой политики организации [1; 2; 6; 11; 12; 14].

Результаты и обсуждения

Проведенный анализ показывает, что цифровой HRM дает эффект только тогда, когда он встроен в общую систему управления организацией. Отдельная платформа для подбора, обучения или оценки персонала сама по себе не меняет качество менеджмента. Меняется связка между кадровыми данными, управленческим решением и действием руководителя. Поэтому цифровой HRM следует рассматривать как контур, где кадровые процессы становятся измеримыми, а решения получают опору на данные. В этом смысле точным является подход Л. А. Илюхиной и И. В. Богатыревой, отмечающих, что «цифровизация сферы HR представляет собой процесс оптимизации функций управления персоналом за счет применения цифровых, то есть мобильных, интеллектуальных, роботизированных, аналитических и облачных инструментов» [7]. Такая трактовка показывает главное, что цифровизация HR не ограничивается автоматизацией документов, а меняет саму организацию кадровой работы (см. рис. 1).

Рисунок 1. Схема инновационного контура цифрового HRM

Схема показывает, что цифровой HRM начинается не с программы, а с данных. Если в организации нет понятной логики сбора, проверки и использования кадровой информации, цифровые решения превращаются в набор разрозненных сервисов. На практике разрозненность часто выглядит так: подбор ведется в одной системе, обучение в другой, оценка в третьей, а руководитель все равно принимает решение по личному впечатлению. В такой ситуации цифровизация есть, а управленческого эффекта почти нет. Поэтому первым результатом исследования является вывод о необходимости сквозной интеграции HR-инструментов. Цифровой подбор должен быть связан с адаптацией, адаптация с обучением, обучение с оценкой компетенций, а оценка с карьерным развитием и удержанием сотрудников [1].

Наиболее сильным элементом цифрового HRM выступает HR-аналитика. Она переводит кадровую работу из режима реакции в режим предупреждения проблем. Организация получает возможность заранее видеть риски текучести, перегрузку подразделений, слабые места в адаптации, снижение вовлеченности, потребность в обучении и разрыв между текущими компетенциями персонала и задачами бизнеса. В. И. Абрамов и А. Мухиткызы подчеркивают, что в цифровизации HR-аналитики используются «принятие решений на основе данных, предсказательная аналитика, управление жизненным циклом деятельности сотрудников и аналитика персонала» [1]. Предсказательная аналитика играет важную роль, поскольку HR-аналитика не заменяет руководителя, а дает ему более точную картину происходящего (см. рис. 2). Данная схема показывает, что каждый цифровой инструмент должен иметь понятный управленческий результат. Поэтому цифровой HRM требует не только технического внедрения, но и изменения управленческой культуры. Руководитель должен уметь читать данные, задавать по ним вопросы и принимать решения, а HR-служба должна говорить не языком отчетности, а языком управленческих последствий [6].

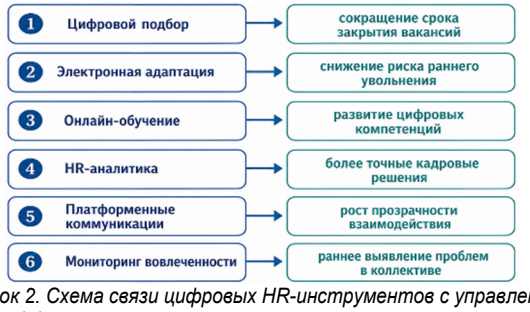


Рисунок 2. Схема связи цифровых HR-инструментов с управленческими эффектами

Из графика видно, что цифровые HR-инструменты имеют управленческую ценность только при наличии прямой связи с конкретным результатом: сокращением сроков подбора, снижением риска раннего увольнения, развитием компетенций, повышением точности кадровых решений, прозрачностью коммуникаций и ранним выявлением проблем в коллективе. Такая логика позволяет перейти от описания отдельных инструментов к оценке их сравнительной значимости для управления организацией. Для этого далее представлена диаграмма, отражающая распределение управленческой значимости ключевых цифровых HR-инструментов по результатам авторской группировки источников (см. рис. 3).

Рисунок 3. Распределение управленческой значимости цифровых HR-инструментов по результатам авторской группировки источников

Диаграмма отражает не статистику внедрения, а аналитическую оценку значимости инструментов для управления организацией. На первом месте находится HR-аналитика, поскольку она связывает остальные элементы в единую систему. Цифровой подбор важен для скорости и качества закрытия вакансий. Электронное обучение поддерживает развитие персонала и снижает зависимость организации от внешнего рынка труда. Платформенные коммуникации помогают сохранять управляемость при гибридной и удаленной работе. Мониторинг вовлеченности показывает не только настроение коллектива, но и ранние признаки кадровых рисков. Управление цифровыми компетенциями становится базовым условием, без которого остальные инструменты используются поверхностно [8; 11; 14].

Обсуждение результатов позволяет выделить ключевое противоречие цифрового HRM. С одной стороны, технологии дают организации новые возможности: быстрый доступ к данным, автоматизацию рутины, персонализацию обучения, прогнозирование кадровых рисков. С другой стороны, они создают новые слабые места: зависимость от качества данных, сопротивление сотрудников, риск формального внедрения, нехватку специалистов по HR-аналитике и вопросы защиты персональной информации. Поэтому цифровой HRM нельзя оценивать только по числу внедренных платформ [2; 3; 15]. Важнее другое: насколько эти инструменты помогают организации видеть людей точнее, управлять справедливее и быстрее реагировать на изменения?

Итоговый результат исследования состоит в том, что инновационный контур цифрового HRM должен строиться вокруг пяти условий: единая база кадровых данных, связка HR-инструментов с бизнес-целями, развитие цифровых компетенций, готовность руководителей работать с аналитикой, регулярная оценка управленческого эффекта. При соблюдении этих условий цифровизация персонала перестает быть техническим проектом и становится частью организационного развития. Она помогает не просто ускорить кадровые операции, а повысить качество решений, удержать ценных сотрудников, снизить управленческую неопределенность и сделать HR-службу полноценным участником стратегии компании [4; 5; 10; 12; 13].

Выводы

Проведенное исследование показывает, что цифровой HRM нельзя рассматривать как простую замену бумажных процедур электронными сервисами. Его смысл шире: он меняет способ принятия кадровых решений, делает работу с персоналом более прозрачной и связывает HR-процессы с управленческими задачами организации. Наиболее заметный эффект возникает в тех случаях, когда цифровой подбор, адаптация, обучение, оценка, коммуникации и HR-аналитика работают не по отдельности, а как единая система [1; 7; 8].

Ключевым элементом инновационного контура цифрового HRM выступает HR-аналитика. Она позволяет перейти от реакции на уже возникшие кадровые проблемы к их раннему выявлению. Для организации HR-аналитика означает возможность заранее видеть риски текучести, снижение вовлеченности, дефицит компетенций, перегрузку сотрудников и слабые места в управленческой коммуникации. При этом аналитика не заменяет руководителя, а усиливает его решение, делая его менее субъективным и более обоснованным [1; 14].

Результаты исследования также подтверждают, что цифровые HR-инструменты дают устойчивый эффект только при наличии цифровых компетенций у сотрудников и руководителей. Если персонал не понимает назначение цифровых систем или воспринимает их как дополнительную отчетность, внедрение быстро становится формальным. Поэтому развитие цифровых навыков, обучение работе с данными и формирование доверия к цифровым процедурам должны рассматриваться как обязательная часть кадровой политики [6; 11].

Практическая значимость цифрового HRM проявляется в ускорении кадровых процессов, повышении качества подбора, снижении рисков раннего увольнения, персонализации обучения, улучшении внутренней коммуникации и усилении роли HR-службы в стратегии компании. Однако, сам по себе набор платформ не гарантирует результата. Организации необходимо связывать цифровые инструменты с конкретными управленческими показателями: сроком закрытия вакансий, уровнем текучести, вовлеченностью, результативностью обучения, качеством адаптации и сохранением ключевых компетенций [10; 12; 15].

Таким образом, инновационный контур интеграции цифровых HR-инструментов представляет собой не технический проект, а управленческую модель развития организации. Его основа состоит в единой кадровой информации, аналитической поддержке решений, развитии цифровых компетенций и регулярной оценке полученного эффекта. При таком подходе цифровой HRM становится не модным дополнением к кадровой работе, а реальным инструментом повышения устойчивости, гибкости и конкурентоспособности организации [2; 3; 4; 5; 13].

Литература

1. Абрамов, В. И. Цифровизация HR-аналитики в компании: характеристики, преимущества, практики / В. И. Абрамов, А. Мухиткызы. – Текст : непосредственный // Лидерство и менеджмент. – 2024. – Т. 11, № 3. – С. 887–908. – DOI 10.18334/lim.11.3.121557. – EDN VPGFWW.
2. Абрамов, В. И. Концептуальная модель цифровой системы аналитической поддержки дистанционного управления персоналом организации / В. И. Абрамов, И. В. Абрамов, К. В. Поливанов, К. Ю. Семенков. – Текст : непосредственный // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 7. – С. 2341–2352. – DOI 10.18334/epp.13.7.118326.
3. Адгизалов, С. Методологические принципы цифровой трансформации системы управления персоналом современного бизнеса / С. Адгизалов. – Текст : непосредственный // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2025. – № 2. – С. 101–110. – DOI 10.24143/2073-5537-2025-2-101-110.
4. Трансформация управления персоналом в условиях цифровой экономики: от административной функции к стратегическому партнерству / А. Ю. Анисимов, С. А. Алексахина, И. И. Молчанов, Р. Ю. Голиков. – Текст : непосредственный // Лидерство и менеджмент. – 2025. – Т. 12, № 5. – С. 1131–1142. – DOI 10.18334/lim.12.5.123164. – EDN FRZJRR.
5. Васильев, А. С. Цифровая трансформация управления персоналом организации / А. С. Васильев. – Текст : непосредственный // Экономика строительства и городского хозяйства. – 2024. – Т. 20, № 4. – С. 305–314. – DOI 10.71536/esgh.2024.v20n4.4. – EDN FFQJHK.
6. Герчикова, Т. Я. Развитие цифровых компетенций персонала / Т. Я. Герчикова, Н. И. Дегтярёв, В. В. Кириленко. – Текст : непосредственный // Экономика труда. – 2021. – Т. 8, № 6. – С. 585–600. – DOI 10.18334/et.8.6.112185. – EDN SPNBAV.
7. Илюхина, Л. А. Концепция управления персоналом в условиях цифровой трансформации / Л. А. Илюхина, И. В. Богатырева. – Текст : непосредственный // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 6. – С. 2445–2462. – DOI 10.18334/ce.16.6.114810. – EDN MSYVQU.
8. Куликов, А. С. Обзор тенденций в сфере менеджмента персонала в контексте цифровой трансформации экономики / А. С. Куликов, А. В. Бандурин. – Текст : непосредственный // Лидерство и менеджмент. – 2024. – Т. 11, № 2. – С. 659–676. – DOI 10.18334/lim.11.2.121025. – EDN WRFUTA.
9. Мугаева, Е. В. Цифровая трансформация технологий управления человеческими ресурсами / Е. В. Мугаева. – Текст : непосредственный // Вестник Академии знаний. – 2022. – № 51 (4). – С. 200–204. – EDN JEPYWD.
10. Носырева, И. Г. Инновационные технологии в управлении персоналом: опыт применения / И. Г. Носырева, Н. А. Белобородова. – Текст : непосредственный // Лидерство и менеджмент. – 2023. – Т. 10, № 2. – С. 547–560. – DOI 10.18334/lim.10.2.117698. – EDN ZMMDEN.
11. Озерникова, Т. Г. Некоторые тенденции трансформации HR-процессов в условиях удаленной работы / Т. Г. Озерникова, А. А. Борисова, К. В. Нагапетян. – Текст : непосредственный // Социально-трудовые исследования. – 2023. – № 1 (50). – С. 145–159. – DOI 10.34022/2658-3712-2023-50-1-145-159.
12. Попов, Р. О. Цифровая трансформация HR-процессов как фактор повышения эффективности управления персоналом в малом и среднем предпринимательстве / Р. О. Попов. – Текст : непосредственный // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 11. – С. 128–140. – DOI 10.54861/27131211_2025_11_128.
13. Рогожников, И. В. Управление персоналом в цифровой среде: как цифровая трансформация влияет на реализацию целей устойчивого развития / И. В. Рогожников, А. А. Становая, Т. Л. Харламова. – Текст : непосредственный // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2026. – № 1. – С. 40–49. – DOI 10.17586/2310-1172-2026-19-1-40-49.
14. Умнов, В. А. Роль и перспективы развития HR-аналитики как профессионального направления в управлении персоналом организации / В. А. Умнов. – Текст : непосредственный // Лидерство и менеджмент. – 2025. – Т. 12, № 3. – С. 545–560. – DOI 10.18334/lim.12.3.122614. – EDN COUWFW.
15. Черняков, М. К. Цифровизация управления персоналом: современные тенденции и вызовы для российских предприятий / М. К. Черняков, И. А. Чернякова. – Текст : непосредственный // Наука Красноярья: экономический журнал. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 166–186. – DOI 10.12731/2070-7568-2025-14-2-297. – EDN YPKICO.

Innovative framework for integrating digital hr tools into the organizational management system

Kuzovikhin A.A.
State university of education

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines an innovative framework for integrating digital HR tools into the organizational management system. It is substantiated that the digital transformation of human resource management is not limited to the automation of personnel-related operations, but forms a new managerial architecture based on data, analytics, digital competencies, and adaptive communications. The purpose of the study is to identify the main areas of application of digital HR tools aimed at improving the effectiveness of organizational management. The paper systematizes the key elements of digital HRM, including HR analytics, digital recruitment, e-learning, platform-based communications, employee engagement monitoring, and digital competency management. The conclusion is made that the innovative potential of digital HRM is manifested in accelerating managerial decision-making, increasing the transparency of HR processes, developing

flexible employment models, and strengthening the strategic role of human resources within an organization.

Keywords: digital HRM, human resource management, digital transformation, HR analytics, digital competencies, innovative management framework.

References

1. Abramov, V. I., Mukhitkyzy, A. Digitalization of HR Analytics in a Company: Characteristics, Advantages, and Practices. Leadership and Management, 2024, vol. 11, no. 3, pp. 887–908. DOI: 10.18334/lim.11.3.121557.
2. Abramov, V. I., Abramov, I. V., Polivanov, K. V., Semenkov, K. Yu. Conceptual Model of a Digital Analytical Support System for Remote Personnel Management. Economics, Entrepreneurship and Law, 2023, vol. 13, no. 7, pp. 2341–2352. DOI: 10.18334/epp.13.7.118326.
3. Adgizalov, S. Methodological Principles of Digital Transformation of Human Resource Management in Modern Business. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economics, 2025, no. 2, pp. 101–110. DOI: 10.24143/2073-5537-2025-2-101-110.
4. Anisimov, A. Yu., Aleksakhina, S. A., Molchanov, I. I., Golikov, R. Yu. Transformation of Human Resource Management in the Digital Economy: From Administrative Function to Strategic Partnership. Leadership and Management, 2025, vol. 12, no. 5, pp. 1131–1142. DOI: 10.18334/lim.12.5.123164.
5. Vasiliev, A. S. Digital Transformation of Human Resource Management in Organizations. Economics of Construction and Urban Economy, 2024, vol. 20, no. 4, pp. 305–314. DOI: 10.71536/esgh.2024.v20n4.4.
6. Gerchikova, T. Ya., Degtyarev, N. I., Kirilenko, V. V. Development of Digital Competencies of Personnel. Russian Journal of Labor Economics, 2021, vol. 8, no. 6, pp. 585–600. DOI: 10.18334/et.8.6.112185.
7. Ilyukhina, L. A., Bogatyreva, I. V. The Concept of Human Resource Management under Digital Transformation. Creative Economy, 2022, vol. 16, no. 6, pp. 2445–2462. DOI: 10.18334/ce.16.6.114810.
8. Kulikov, A. S., Bandurin, A. V. Review of Human Resource Management Trends in the Context of the Digital Transformation of the Economy. Leadership and Management, 2024, vol. 11, no. 2, pp. 659–676. DOI: 10.18334/lim.11.2.121025.
9. Mugaeva, E. V. Digital Transformation of Human Resource Management Technologies. Bulletin of the Academy of Knowledge, 2022, no. 51(4), pp. 200–204.
10. Nosyreva, I. G., Beloborodova, N. A. Innovative Technologies in Human Resource Management: Practical Experience. Leadership and Management, 2023, vol. 10, no. 2, pp. 547–560. DOI: 10.18334/lim.10.2.117698.
11. Ozernikova, T. G., Borisova, A. A., Nagapetyan, K. V. Trends in the Transformation of HR Processes under Remote Work Conditions. Social and Labor Research, 2023, no. 1(50), pp. 145–159. DOI: 10.34022/2658-3712-2023-50-1-145-159.
12. Popov, R. O. Digital Transformation of HR Processes as a Factor in Improving Human Resource Management Efficiency in Small and Medium-Sized Enterprises. Progressive Economy, 2025, no. 11, pp. 128–140. DOI: 10.54861/27131211_2025_11_128.
13. Rogozhnikov, I. V., Stanovaya, A. A., Kharlamova, T. L. Human Resource Management in the Digital Environment: How Digital Transformation Influences the Achievement of Sustainable Development Goals. Scientific Journal NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management", 2026, no. 1, pp. 40–49. DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-1-40-49.
14. Umnov, V. A. The Role and Prospects of HR Analytics Development as a Professional Area of Human Resource Management. Leadership and Management, 2025, vol. 12, no. 3, pp. 545–560. DOI: 10.18334/lim.12.3.122614.
15. Chernyakov, M. K., Chernyakova, I. A. Digitalization of Human Resource Management: Contemporary Trends and Challenges for Russian Enterprises. Krasnoyarsk Science: Economic Journal, 2025, vol. 14, no. 2, pp. 166–186. DOI: 10.12731/2070-7568-2025-14-2-297.

Развитие методов управления инновациями в сфере информационно-коммуникационных технологий: регионально-отраслевой аспект

Лавров Владислав Сергеевич
аспирант, кафедра менеджмента и организации производства, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, vladislav.lavrov.97@mail.ru

В статье рассматривается развитие методов управления инновациями в сфере информационно-коммуникационных технологий с позиций региональной и отраслевой экономики. Показано, что изменение роли ИКТ-сектора в структуре валового продукта российских регионов сопровождается трансформацией подходов к управлению инновациями: от классических проектных схем к гибким и гибридным моделям. Проанализированы факторы локализации ИКТ-компаний, особенности региональных рынков, влияние инновационной инфраструктуры, кадрового потенциала и налогового стимулирования на выбор управленческих практик. Обосновано, что эффективность методов управления инновациями определяется не только внутренней организацией фирмы, но и институциональной средой региона. Предложена типология соответствия управленческих моделей типам региональных ИКТ-рынков, а также выделены наиболее перспективные направления развития методов управления инновациями для индустриально-диверсифицированных регионов России.

Ключевые слова: управление инновациями, ИКТ-отрасль, региональная экономика, отраслевая экономика, инновационная инфраструктура, валовая добавленная стоимость, импортозамещение, цифровая экономика.

Введение

Отрасль информационно-коммуникационных технологий относится к числу ключевых драйверов экономического роста Российской Федерации. По данным Минцифры, вклад ИТ-отрасли в валовой внутренний продукт устойчиво возрастает: в 2019 году он составлял около 2,2 %, в 2023 году превысил 3,4 %, а к концу 2025 года, по предварительным оценкам, приближается к 4 %. Для отдельных регионов – Москвы, Санкт-Петербурга, Республики Татарстан, Новосибирской, Самарской и Нижегородской областей – доля ИКТ-сектора в валовой добавленной стоимости уже превышает отраслевые показатели традиционных секторов услуг.

Вместе с ростом отраслевого значения ИКТ-сектора изменяются и методы управления инновациями, которые в нём применяются. В условиях ускоренного импортозамещения программного обеспечения, санкционных ограничений и высокой волатильности спроса на цифровые продукты перед региональными предприятиями встаёт задача поиска управленческих решений, обеспечивающих устойчивое инновационное развитие. Цель настоящей статьи состоит в систематизации современных методов управления инновациями в ИКТ-отрасли и оценке их применимости в региональном разрезе.

ИКТ-отрасль в структуре региональной экономики

С точки зрения отраслевой экономики ИКТ представляет собой особый сектор, характеризующийся высокой долей нематериальных активов, низкой капиталоёмкостью и повышенной мобильностью рабочей силы. Производство цифровых продуктов слабо зависит от природно-климатических факторов и традиционной промышленной инфраструктуры, но крайне чувствительно к качеству человеческого капитала и развитию коммуникационных сетей. Эти особенности формируют специфический «ландшафт локализации» ИКТ-компаний: они концентрируются в регионах с развитой системой высшего образования, устойчивым каналами связи и ёмким внутренним рынком цифровых услуг.

По данным Росстата и Минцифры, в 2024–2025 годах более 60 % валовой добавленной стоимости ИКТ-отрасли формируется в пяти субъектах Российской Федерации – Москве, Санкт-Петербурге, Московской области, Татарстане и Новосибирской области. Одновременно растёт вклад «вторых столиц ИТ» – Самарской, Свердловской, Томской и Ростовской областей. Это делает актуальным рассмотрение методов управления инновациями в региональном разрезе: одни и те же управленческие практики демонстрируют разную эффективность в зависимости от структуры регионального рынка и состава заказчиков [9].

В экономической литературе традиционно выделяют три типа региональных ИКТ-рынков. Столичный тип характеризуется преобладанием крупных корпоративных заказчиков и высокой долей экспортных контрактов. Индустриально-диверсифицированный тип (Татарстан, Самарская, Нижегородская, Свердловская области) ориентирован на цифровизацию промышленности и государственных услуг. Догоняющий тип сочетает ограниченный спрос со стороны крупного бизнеса и зависимость от федеральных программ цифрового развития. Методы управления инновациями должны учитывать эти структурные различия [1].

Классические и гибкие методы управления инновациями в отрасли ИКТ

Исторически первыми в ИКТ-отрасли применялись методы управления проектами, унаследованные от индустрии тяжёлого машиностроения и телекоммуникаций. Каскадная модель (Waterfall) и стандарт PMBOK закрепляли последовательное прохождение этапов разработки с детальным планированием ресурсов и сроков. Такие методы хорошо согласовывались с требованиями крупных государственных заказчиков и сохраняются в государственных информационных системах, оборонных и банковских программах до настоящего времени.

Однако экономика инновационных ИКТ-продуктов существенно отличается от экономики классических инженерных проектов. Доля затрат на проектирование и тестирование гипотез о продукте в общей структуре издержек достигает 40-60 %, что делает неэффективной жёсткую фиксацию требований в начале проекта. В ответ на это в 2000-е годы сформировалось семейство гибких (Agile) методологий – Scrum, Kanban, XP, –

которые позволили сократить стоимость изменений и ускорить вывод продуктов на рынок [3, 8].

С позиций отраслевой экономики гибкие методологии представляют собой инструмент снижения трансакционных издержек инновационной деятельности. Сокращение цикла «гипотеза – продукт – обратная связь» с нескольких месяцев до нескольких недель повышает оборачиваемость инвестиций в НИОКР и снижает долю «замороженного» капитала в незавершённой разработке. Одновременно Agile-подходы предъявляют повышенные требования к квалификации персонала и зрелости продуктовой культуры, что ограничивает их применимость в регионах с дефицитом ИТ-кадров.

Гибридные модели управления инновациями

Практика 2020-х годов показывает, что ни классические, ни чисто гибкие методы не отвечают полной совокупности требований, предъявляемых к ИКТ-отрасли. Это привело к формированию гибридных моделей управления инновациями, объединяющих элементы обоих подходов. К таким моделям относятся масштабируемые фреймворки (SAFe, LeSS, DaD), корпоративные методологии крупных российских холдингов («Сбер-спираль», внутренние методологии «Яндекса», «VK», «Ростеха») и отраслевые стандарты, разрабатываемые при участии Минцифры и АНО «Цифровая экономика» [2, 6, 10].

Экономический смысл гибридных моделей состоит в управлении инновационным портфелем: программа в целом управляется по классическим проектным принципам, что удобно для планирования бюджетов, отчётности перед акционерами и регуляторами, тогда как отдельные продукты внутри программы развиваются в логике коротких итераций [4]. Такое разделение позволяет согласовать требования государственных и отраслевых регуляторов с необходимостью быстрой адаптации продуктов к меняющемуся спросу.

Для региональной экономики гибридные модели особенно важны в контексте программ цифровизации промышленности и государственных услуг. Эти программы, как правило, носят долгосрочный характер и финансируются из бюджетов различных уровней, что требует строгого проектного контроля. Одновременно реальная цифровизация предприятий предполагает многократное уточнение требований по мере того, как сотрудники начинают пользоваться новыми системами. Гибридная модель даёт возможность удержать оба этих требования в рамках одной управленческой архитектуры [11].

Типология региональных ИКТ-рынков и соответствующих методов управления

На основе анализа статистических данных и практики российских ИКТ-компаний можно предложить типологию соответствия методов управления инновациями типу регионального ИКТ-рынка. Для столичного рынка, где преобладают крупные продуктовые компании и экспортеры, наиболее адекватными оказываются «продуктовый Agile» и платформенные модели с высокой частотой релизов и широким применением продуктовой аналитики. Экономическая эффективность таких практик подтверждается высокими показателями производительности труда и доли НИОКР в выручке, достигающей 15–25 %.

Для индустриально-диверсифицированных регионов, в которых основной спрос формируют промышленные предприятия и региональные органы власти, характерна модель «регламентированного Agile». Здесь гибкие практики встраиваются в более жёсткую проектную схему с развитой системой документации, приёмочных испытаний и контроля безопасности. Именно этот тип модели преобладает в Самарской, Нижегородской, Свердловской областях и Татарстане, где ИКТ-компании реализуют крупные программы цифровизации ОПК, энергетики и транспорта.

Для догоняющих регионов с ограниченной ёмкостью внутреннего ИКТ-рынка наиболее жизнеспособной оказывается «проектно-грантовая» модель, в которой инновационная деятельность финансируется преимущественно из федеральных программ (Фонд содействия инновациям, РФРИТ, программа «Цифровые технологии»). В таких регионах гибридизация методов управления выражается в сочетании строгой проектной отчётности перед федеральным заказчиком и внутренних итеративных практик в командах разработчиков.

Инновационная инфраструктура и кадровый фактор

Эффективность любых методов управления инновациями в ИКТ-отрасли существенно зависит от региональной инновационной инфраструктуры: технопарков, ИТ-кластеров, университетских центров компетенций, региональных фондов развития. В Самарской области, например, формирование ИТ-кластера на базе Самарского университета и ряда технопарков создало среду, в которой применение гибких и гибридных методов управления становится экономически оправданным благодаря доступу к подготовленным кадрам и общей сервисной инфраструктуре.

Кадровый фактор в ИКТ-отрасли выступает определяющим. По оценкам Минцифры, дефицит ИТ-специалистов в России в 2024-2026 годах составляет от 500 до 700 тыс. человек, что ведёт к устойчивому росту заработных плат и перераспределению кадров между регионами. В этих условиях управленческие методы, ориентированные на удержание и развитие сотрудников (Agile-команды с высоким уровнем автономии, продуктовая культура, системы непрерывного обучения), приобретают значение фактора региональной конкурентоспособности [9].

С позиций отраслевой экономики это означает, что управленческие инновации в ИКТ не могут рассматриваться в отрыве от политики регионального развития. Меры налогового стимулирования (пониженные ставки налога на прибыль и страховых взносов для аккредитованных ИТ-компаний), инфраструктурные гранты, образовательные программы и льготная ипотека для ИТ-специалистов формируют институциональную среду, в которой те или иные методы управления либо приживаются, либо остаются формальностью [12].

Экономическая оценка эффективности методов управления

Для сопоставления методов управления инновациями в ИКТ целесообразно использовать набор экономических индикаторов: производительность труда (выручка на одного занятого), доля НИОКР в выручке, средний срок вывода продукта на рынок (time-to-market), доля выручки от продуктов младше трёх лет, показатели возврата инвестиций в инновации (ROI). Эмпирические данные 2022–2025 годов показывают, что компании, применяющие гибридные модели управления, демонстрируют более высокие значения ROI и более короткий time-to-market по сравнению с компаниями, придерживающимися исключительно каскадной или исключительно гибкой схемы [1, 5].

В то же время механическое копирование столичных практик в регионах с догоняющим типом рынка нередко приводит к снижению эффективности. Отсутствие достаточного числа зрелых продуктовых менеджеров, нехватка аналитиков данных и слабая развитость культуры продуктовых гипотез превращают Agile-ритуалы в дополнительные издержки [7]. Поэтому при выборе метода управления необходимо соизмерять его требования с реальным состоянием регионального отраслевого рынка.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что развитие методов управления инновациями в сфере ИКТ имеет отчётливо выраженное регионально-отраслевое измерение. Классические, гибкие и гибридные методы не являются взаимоисключающими: каждый из них эффективен в определённых институциональных и экономических условиях. Наиболее перспективное направление связано с формированием гибридных моделей, настраиваемых под тип регионального ИКТ-рынка, структуру спроса и состояние кадровой базы.

Для регионов индустриально-диверсифицированного типа, к которым относится Самарская область, целесообразно развитие моделей «регламентированного Agile» в связке с региональной инновационной инфраструктурой, программами подготовки ИТ-кадров и мерами налогового стимулирования. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на количественной оценке экономической эффективности гибридных моделей на уровне отдельных региональных ИКТ-рынков и на разработке методических рекомендаций по их выбору.

Литература

1. Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. Индикаторы цифровой экономики 2024: статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2024. – 276 с.

2. Алешин А.В., Аньшин В.М., Багратиони К.А. Управление проектами: фундаментальный курс. – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2023. – 800 с.

3. Бублик М.Л., Маленков Д.С. По пути импортозамещения и инноваций // Уголь. – 2023. – № 10(1172). – С. 16-17.

4. Герасимов К.Б. Анализ и прогнозирование показателей инновационной деятельности в отраслях Российской Федерации // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – С. 27-36.

5. Донцова Т.В. Адаптивность методологий управления проектами и их использование в ивент-индустрии // Друкеровский вестник. – 2025. – № 2(64). – С. 128-138.

6. Ермаков Е.В. Проектное управление: лучшие практики в бизнесе // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6, № 6. – С. 210-218.

7. Жихарев К.Л. Региональные инновационные системы и институциональные условия инновационного развития. – Челябинск: Социум, 2020. – 209 с.

8. Ильина И.Е., Жарова Е.Н., Агамирова Е.В., Каменский А.С. Инновационное развитие регионов России // Регионология. – 2018. – Т. 26, № 2(103). – С. 230-255.

9. Информационное общество: основные характеристики субъектов Российской Федерации: статистический сборник / М. А. Сабельникова, Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, О. Ю. Дудорова и др.; Росстат; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2018. – 216 с.

10. Митрофанова Я.С. Гибридный подход к управлению проектами цифровой трансформации бизнеса // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2020. – № 3(42). – С. 42-48.

11. Попадюк Т.Г., Молоков Я.П. Влияние практик управления знаниями на результаты деятельности консалтинговых компаний // Экономические науки. – 2024. – № 232. – С. 487-493.

12. Пьянкова С.Г., Заколюкина Е.С. Специфика развития инновационной инфраструктуры регионов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2023. – № 5(71). – С. 90-101.

Development of methods for managing innovation in the field of information and communication technologies: regional and industry aspects

Lavrov V.S.
Samara University

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article examines the development of innovation management methods in the field of information and communications technology from the perspective of regional and sectoral economics. It demonstrates that the changing role of the ICT sector in the structure of the gross domestic product of Russian regions is accompanied by a transformation of approaches to innovation management: from classical project-based approaches to flexible and hybrid models. The article analyzes factors affecting the localization of ICT companies, the characteristics of regional markets, and the influence of innovation infrastructure, human resources, and tax incentives on the choice of management practices. It substantiates that the effectiveness of innovation management methods is determined not only by the internal organization of the company but also by the institutional environment of the region. A typology of management models corresponding to types of regional ICT markets is proposed, and the most promising areas for the development of innovation management methods for industrially diversified regions of Russia are highlighted.

Keywords: innovation management, ICT industry, regional economy, sectoral economy, innovation infrastructure, gross value added, import substitution, digital economy.

References

1. Abdrahmanova G.I., Vishnevskij K.O., Gohberg L.M. Indikatory cifrovoj ekonomiki 2024: statisticheskij sbornik. – M.: NIU VShE, 2024. – 276 s.
2. Aleshin A.V., An'shin V.M., Bagrationi K.A. Upravlenie proektami: fundamental'nyj kurs. – M.: Izd. Dom Vysshej shkoly ekonomiki, 2023. – 800 s.
3. Bublik M.L., Malenkov D.S. Po puti importozameshcheniya i innovacij // Ugol'. – 2023. – № 10(1172). – S. 16-17.
4. Gerasimov K.B. Analiz i prognozirovanie pokazatelej innovacionnoj deyatel'nosti v otraslyah Rossijskoj Federacii // Beneficium. – 2025. – № 4(57). – S. 27-36.
5. Doncova T.V. Adaptivnost' metodologij upravleniya proektami i ih ispol'zovanie v ivent-industrii // Drukerovskij vestnik. – 2025. – № 2(64). – S. 128-138.
6. Ermakov E.V. Proektnoe upravlenie: luchshie praktiki v biznese // Russian Economic Bulletin. – 2023. – T. 6, № 6. – S. 210-218.
7. Zhiharev K.L. Regional'nye innovacionnye sistemy i institucio-nal'nye usloviya innovacionnogo razvitiya. – Chelyabinsk: Socium, 2020. – 209 s.
8. Il'ina I.E., Zharova E.N., Agamirova E.V., Kamenskij A.S. Innova-cionnoe razvitie regionov Rossii // Regionologiya. – 2018. – T. 26, № 2(103). – S. 230-255.
9. Informacionnoe obshchestvo: osnovnye harakteristiki sub"ektov Rossijskoj Federacii: statisticheskij sbornik / M. A. Sabel'nikova, G. I. Abdrahmanova, L. M. Gohberg, O. Yu. Dudorova i dr.; Rosstat; Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: NIU VShE, 2018. – 216 s.
10. Mitrofanova Ya.S. Gibridnyj podhod k upravleniyu proektami cifrovoj transformacii biznesa // Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie. – 2020. – № 3(42). – S. 42-48.
11. Popadyuk T.G., Molokov Ya.P. Vliyanie praktik upravleniya znaniyami na rezul'taty deyatel'nosti konsaltingovyh kompanij // Ekonomicheskie nauki. – 2024. – № 232. – S. 487-493.
12. P'yankova S.G., Zakolyukina E.S. Specifika razvitiya innovacionnoj infrastruktury regionov // Innovacionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. – 2023. – № 5(71). – S. 90-101.

Роль и потенциал инновационных технологий в менеджменте современных образовательных организаций на примере школьного образования

Полукарова Екатерина Александровна
аспирант, кафедра Менеджмента, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, polukarovak@mail.ru

В статье рассматривается роль инновационных технологий в менеджменте современной образовательной организации. Обосновано, что их значение не ограничивается обновлением образовательного процесса, поскольку цифровые решения способны влиять на планирование, контроль, коммуникацию, документооборот, аналитику и распределение ресурсов в образовательной организации. Особое внимание уделено управленческому потенциалу автоматизации, образовательной аналитики, цифровых платформ и сервисов взаимодействия школы с педагогами, учащимися и родителями. Показано, что эффективность внедрения инновационных технологий должна оцениваться не по количеству используемых цифровых инструментов, а по их влиянию на снижение административной нагрузки, повышение качества управленческих решений, рациональное использование ресурсов и улучшение образовательных результатов. Сделан вывод о том, что инновационные технологии могут повысить эффективность школьного менеджмента только при системном внедрении, развитии цифровых компетенций сотрудников и недопущении избыточной цифровизации.

Ключевые слова: образовательный менеджмент, инновационные технологии, цифровая образовательная среда, эффективность управления, образовательная аналитика.

Введение

Современная образовательная организация развивается в условиях роста объема управленческой информации, повышения требований к качеству образования, прозрачности деятельности образовательной организации и взаимодействию с участниками образовательных отношений. В этих условиях инновационные технологии становятся не только инструментом обновления образовательного процесса, но и важным фактором развития образовательного менеджмента. Нормативная практика последних лет также ориентирует образовательные организации на развитие цифровой образовательной среды, использование информационных систем и внедрение современных технологических решений в образовательную и управленческую деятельность [1; 2; 3].

Актуальность темы обусловлена тем, что потенциал инновационных технологий в школьном образовании проявляется не в самом факте их внедрения, а в способности повышать эффективность управления: ускорять обработку информации, снижать административную нагрузку, улучшать коммуникацию, обеспечивать аналитическую поддержку решений и рациональное использование ресурсов. При этом исследователи подчеркивают неоднозначность цифровой трансформации образования. И. В. Роберт рассматривает ее как процесс, создающий как новые возможности, так и определенные вызовы [17]. Е. А. Гром выделяет различные подходы к цифровизации образования, что позволяет рассматривать ее не односторонне, а как сложное управленческое и педагогическое явление [10].

Вопросы повышения эффективности управления образовательной организацией с помощью информационно-коммуникационных технологий раскрываются в работах С. В. Волкова, З. З. Ишбаева, Л. С. Штраус [7], а также Т. Ю. Хашировой, Ф. В. Малуховой, Ф. Б. Балкизовой и С. Ю. Апшевой [16]. Значение образовательной аналитики как инструмента управленческих решений обосновано в исследованиях К. А. Баранникова, Р. С. Сулейманова, С. М. Лесина, Р. Б. Куприянова [4], Т. А. Кустицкой и М. В. Носкова [12]. Вместе с тем Д. С. Попов, А. В. Стрельникова, Е. А. Григорьева, А. В. Григорьев и Р. А. Галустов с соавторами обращают внимание на риски цифровизации, связанные с техническими, кадровыми и организационными ограничениями [8; 9; 15].

Проблема исследования состоит в том, что инновационные технологии активно внедряются в деятельность образовательных организаций, однако их управленческий потенциал часто оценивается фрагментарно: через наличие отдельных цифровых сервисов, платформ или технических средств, а не через их влияние на эффективность менеджмента образовательной организации.

Цель статьи заключается в определении роли и потенциала инновационных технологий в менеджменте современной образовательной организации, а также в обосновании направлений их применения для повышения эффективности управленческих процессов школьного образования. Для достижения цели поставлены следующие задачи: рассмотреть научные подходы к пониманию инновационных технологий в образовании; определить основные направления их применения в образовательном менеджменте; раскрыть организационный и экономический потенциал цифровых решений; выявить условия, при которых их внедрение способствует повышению эффективности управления.

Методологическую основу исследования составили анализ научной литературы и нормативных источников, сравнительное обобщение подходов к цифровой трансформации образования, систематизация направлений применения инновационных технологий в образовательном менеджменте, а также элементы экономико-управленческого анализа, позволяющие оценивать эффект внедрения цифровых решений через соотношение затрат, образовательных результатов и управленческих выгод.

1. Теоретико-методологические подходы к исследованию инновационных технологий в менеджменте школы

Исследование роли инновационных технологий в менеджменте современной школы требует предварительного уточнения теоретической позиции. В рамках данной статьи инновационные технологии рассматриваются не только как технические средства обучения, но и как инструмент изменения управленческой деятельности образовательной организации.

В научной литературе цифровая трансформация образования трактуется как сложный и многоуровневый процесс. И. В. Роберт связывает ее с изменением образовательной среды под влиянием активного применения цифровых технологий и указывает, что данный процесс порождает как новые возможности, так и определенные вызовы для системы образования [17].

Важное значение для настоящего исследования имеет позиция Е. А. Гром, которая показывает отсутствие единого подхода к пониманию цифровизации образования и выделяет три группы научных позиций: цифровой оптимизм, цифровой негативизм и цифровой релятивизм [10]. Первый подход акцентирует внимание на положительном потенциале цифровых технологий, второй - на рисках и возможных негативных последствиях, третий - на необходимости сбалансированной оценки цифровизации как противоречивого, но значимого процесса.

С позиции управления образовательной организацией инновационные технологии могут рассматриваться как фактор повышения результативности управленческой системы. С. В. Волков, З. З. Ишбаев и Л. С. Штраус отмечают, что эффективность образовательной организации во многом зависит от результативности управления ею, а использование новых технологий является одним из критериев и способов повышения такой эффективности [7].

Т. Ю. Хаширова, Ф. В. Малухова, Ф. Б. Балкизова и С. Ю. Апшева рассматривают цифровые технологии применительно к внутришкольному управлению. Авторы связывают их использование с оптимизацией принятия решений, обработкой информации и доведением ее до участников образовательного процесса [16].

Основные научные подходы к оценке инновационных технологий в школьном образовании обобщены в таблице 1.

Таблица 1

Основные научные подходы к оценке инновационных технологий в школьном образовании

Подход	Содержание подхода	Значение для настоящего исследования
Технологический	Инновационные технологии рассматриваются как совокупность цифровых средств, платформ, электронных сервисов и информационных систем	Позволяет определить, какие инструменты могут использоваться в управлении школой
Управленческий	Технологии оцениваются через влияние на планирование, контроль, документооборот, коммуникацию и принятие решений	Позволяет связать цифровизацию с эффективностью школьного менеджмента
Аналитический	Основное внимание уделяется сбору, обработке и интерпретации образовательных данных	Позволяет рассматривать аналитику как основу для управленческих решений
Экономический	Технологии оцениваются через соотношение затрат, результата, снижения издержек и окупаемости	Позволяет обосновать экономический эффект внедрения цифровых решений
Социально-коммуникационный	Учитывается влияние технологий на взаимодействие школы с педагогами, учащимися и родителями	Позволяет оценить не только технический, но и организационный результат цифровизации
Рискоориентированный	Внимание уделяется ограничениям: перегрузке, недостатку компетенций, техническим сбоям, усложнению коммуникации	Позволяет определить условия, при которых потенциал технологий действительно реализуется

Особое место в исследовании занимает образовательная аналитика. К. А. Баранников, Р. С. Сулейманов, С. М. Лесин и Р. Б. Куприянов рассматривают аналитику обучения как способ повышения эффективности системы управления образованием. По их мнению, анализ образовательных данных может использоваться для мониторинга академической успешности, прогнозирования результатов, обработки обратной связи и проектирования организационно-педагогических решений [4]. В контексте образовательного менеджмента это означает переход от интуитивного или формально-отчетного управления к управлению, основанному на данных.

Близкую позицию занимают Т. А. Кустицкая и М. В. Носков, рассматривающие учебную аналитику как направление, связанное с анализом образовательных данных, цифрового следа обучающихся и управлением обучением на основе данных [12].

Методологически данное исследование опирается на системный подход, поскольку школа рассматривается как образовательная организация, в которой инновационные технологии влияют не на один отдельный процесс, а на совокупность управленческих, педагогических, коммуникационных и экономических связей. Кроме того, используется функциональный подход, позволяющий оценивать технологии через их влияние на основные функции менеджмента: планирование, организацию, мотивацию, контроль и анализ результатов. Экономико-управленческий подход применяется для оценки затрат, снижения административной нагрузки, повышения производительности труда и возможного срока окупаемости цифровых решений.

Таким образом, теоретико-методологическая основа статьи строится на понимании инновационных технологий как инструмента развития образовательного менеджмента.

2. Основные направления применения инновационных технологий в современном образовательном менеджменте

Инновационные технологии в образовательном менеджменте целесообразно рассматривать через их влияние на основные управленческие процессы образовательной организации.

Одним из ключевых направлений является **автоматизация управленческих процессов**. К нему относятся электронный документооборот, электронные журналы и дневники, цифровые расписания, системы учета кадровой нагрузки, платформы для внутренней отчетности и контроля исполнения поручений. Их применение позволяет снизить объем повторяющихся административных операций, сократить время на подготовку отчетов и повысить доступность управленческой информации. В работах С. В. Волкова, З. З. Ишбаева и Л. С. Штраус подчеркивается, что внедрение информационно-коммуникационных технологий может рассматриваться как один из факторов повышения эффективности управления образовательной организацией [7].

Вторым направлением выступает **цифровизация образовательного процесса**, которая имеет не только педагогическое, но и управленческое значение. Использование электронных образовательных ресурсов, систем управления обучением, цифровых библиотек, онлайн-платформ и инструментов дистанционного взаимодействия позволяет администрации школы получать более полную информацию о ходе образовательного процесса. И. В. Роберт отмечает, что цифровая трансформация образования связана с изменением образовательной среды и требует системного применения цифровых технологий [17].

Третьим направлением является **образовательная аналитика**. Ее потенциал заключается в переходе от формального сбора отчетности к содержательному анализу образовательных данных. К. А. Баранников, Р. С. Сулейманов, С. М. Лесин и Р. Б. Куприянов рассматривают аналитику обучения как способ повышения эффективности системы управления образованием, поскольку она позволяет использовать данные для мониторинга, прогнозирования и принятия организационно-педагогических решений [4].

Четвертым направлением является **развитие коммуникационных технологий**. Для школы это особенно важно, поскольку образовательная организация взаимодействует не только с педагогами и учащимися, но и с родителями, органами управления образованием и внешними партнерами. Вместе с тем данное направление требует особой управленческой упорядоченности: при избытке каналов связи коммуникация может не упрощаться, а усложняться. Л. Н. Духанина и А. А. Максименко указывают, что родительское восприятие цифровизации является важным фактором успешности трансформации школьного образования [11], а Е. А. Нагрелли, Ю. А. Кузнецова и Д. В. Коч подчеркивают, что даже при развитости интернет-технологий достижение качественного взаимодействия школы и родителей остается сложной задачей [14].

Пятым направлением можно выделить **информационно-аналитическую поддержку управленческих решений**. В данном случае речь идет не только о сборе данных, но и об их использовании для выбора управленческих действий. Т. А. Кустицкая и М. В. Носков связывают развитие учебной аналитики с анализом образовательных данных, цифрового следа обучающихся и управлением обучением на основе данных [12].

Основные направления применения инновационных технологий в менеджменте современной школы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные направления применения инновационных технологий в школьном образовании

Направление применения	Примеры технологий	Управленческий потенциал	Возможные показатели оценки
Автоматизация управленческих процессов	электронный документооборот, электронный журнал, цифровое расписание, системы контроля поручений	снижение ручной отчетности, ускорение обработки информации, повышение исполнительской дисциплины	время подготовки отчетов, количество ручных операций, скорость согласования документов
Цифровизация образовательного процесса	электронные образовательные ресурсы, системы управления обучением, цифровые библиотеки, онлайн-платформы	повышение управляемости образовательного процесса, расширение доступа к материалам, поддержка индивидуализации обучения	динамика успеваемости, посещаемость, активность учащихся, охват цифровыми ресурсами
Образовательная аналитика	аналитические панели, мониторинг успевае-	поддержка управленческих решений, выявление	доля учащихся группы риска, динамика результатов, точность

	мости, анализ цифрового следа, прогнозные модели	учебных рисков, контроль качества образования	прогнозов, скорость выявления проблем
Коммуникационные технологии	электронные дневники, школьные порталы, мессенджеры, сервисы обратной связи	повышение прозрачности взаимодействия школы, родителей, педагогов и учащихся	скорость информирования, удовлетворенность участников, количество обращений, полнота обратной связи
Информационная безопасность и защита данных	системы разграничения доступа, защищенные платформы, регламенты обработки данных	обеспечение доверия к цифровой среде, снижение рисков утечки информации, защита персональных данных	число инцидентов, соблюдение регламентов, наличие ответственных лиц, уровень защищенности сервисов
Экономико-управленческая оценка	расчет затрат, оценка окупаемости, анализ административных расходов, сравнение эффекта до и после внедрения	обоснование целесообразности внедрения технологий, рациональное распределение ресурсов	рентабельность инвестиций, срок окупаемости, снижение административных затрат, экономия рабочего времени

Представленные направления показывают, что инновационные технологии в образовательном менеджменте имеют комплексный характер. Они затрагивают не только техническую сторону образовательной деятельности, но и систему управления в целом.

3. Экономический и организационный потенциал инновационных технологий: эффекты, условия реализации и риски

Внедрение инновационных технологий в менеджмент современной образовательной организации имеет не только организационное, но и экономическое значение.

В экономико-управленческом смысле эффект внедрения инновационных технологий может быть выражен через изменение соотношения между образовательным результатом, ресурсами и технологическим фактором. В общем виде это можно представить следующим образом:

$Q=f(L,K,T)$ (1)

где: Q - образовательный и управленческий результат деятельности школы;

L - трудовые ресурсы, включая педагогический и административный персонал;

K - материальные и финансовые ресурсы образовательной организации; T - технологический фактор, отражающий уровень применения инновационных технологий.

Данная зависимость показывает, что инновационные технологии могут усиливать управленческий потенциал образовательной организации двумя способами. Первый способ связан с повышением результата при сохранении прежнего объема ресурсов. Второй - со снижением затрат и организационной нагрузки при сохранении необходимого уровня качества образования. Именно поэтому технологии в менеджменте школы целесообразно рассматривать не как самостоятельную ценность, а как инструмент повышения эффективности использования ресурсов.

Одним из наиболее очевидных эффектов является снижение административных расходов. Внедрение электронного документооборота, цифровых журналов, автоматизированных отчетов, сервисов контроля поручений и систем коммуникации позволяет сократить время, затрачиваемое на повторяющиеся операции. В общем виде структура затрат при внедрении инновационных технологий может быть представлена следующим образом:

$C=C_{adm}+C_{edu}+C_{tech}$ (2)

где: C - совокупные затраты образовательной организации;

C_{adm} - административные расходы;

C_{edu} - расходы, связанные с образовательным процессом;

C_{tech} - расходы на внедрение и сопровождение технологических решений.

Смысл применения инновационных технологий состоит не в механическом увеличении C_{tech}, а в том, чтобы прирост технологических расходов был компенсирован снижением административных затрат, экономией рабочего времени и повышением качества управленческих решений. Поэтому положительный эффект достигается при условии:

$\Delta C_{adm}+\Delta C_{time}>C_{tech}$

где: ΔC_{adm} - снижение административных расходов;

ΔC_{time} - экономический эквивалент высвобожденного рабочего времени;

C_{tech} - затраты на внедрение и сопровождение технологий.

Особое значение имеет экономия рабочего времени педагогического и административного персонала. Если цифровые решения позволяют сократить время на подготовку отчетности, поиск информации, ручное заполнение документов и согласование управленческих действий, это создает организационный эффект, который может быть переведен в экономическую форму:

$E_{time}=H\times R$ (3)

где: E_{time} - экономический эффект от высвобождения рабочего времени;

H - количество сэкономленных часов;

R— средняя стоимость одного часа труда сотрудника.

Такой подход позволяет показать, что экономический эффект инновационных технологий в школе не всегда выражается в прямом сокращении расходов.

Для оценки финансовой целесообразности внедрения цифровых решений может использоваться показатель показатель рентабельности инвестиций:

$ROI=(E-I)/I\times 100\%$ (4)

где: ROI - рентабельность инвестиций;

E - совокупный экономический эффект от внедрения инновационной технологии;

I - инвестиции во внедрение технологии.

Если ROI>0, внедрение технологии может считаться экономически оправданным. Однако для образовательной организации данный показатель не должен рассматриваться изолированно.

Дополнительно может применяться показатель срока окупаемости:

$T=I/Э$ (5)

где:

T — срок окупаемости внедрения технологии;

I — первоначальные инвестиции;

Э— годовой экономический эффект.

Для образовательной организации приемлемым можно считать такой срок окупаемости, при котором технология начинает давать управленческий и организационный эффект в кратко- или среднесрочной перспективе.

Основные эффекты внедрения инновационных технологий в менеджменте школы перечислены в таблице 3.

Таблица 3

Основные эффекты внедрения инновационных технологий в образовательном менеджменте

Вид эффекта	Содержание эффекта	Возможный способ оценки
Административный	снижение объема ручной отчетности, ускорение документооборота, уменьшение повторяющихся операций	время подготовки отчетов, количество ручных операций, скорость согласований
Экономический	снижение административных затрат, экономия рабочего времени, повышение отдачи от ресурсов	ROI, срок окупаемости, экономия часов, снижение затрат
Аналитический	повышение качества управленческих решений за счет анализа образовательных данных	количество выявленных рисков, динамика успеваемости, скорость получения аналитики
Коммуникационный	улучшение взаимодействия школы с педагогами, учащимися и родителями	скорость информирования, удовлетворенность участников, количество обращений
Организационный	повышение прозрачности процессов, управляемости и контроля исполнения	количество ошибок, соблюдение сроков, полнота данных
Социальный	повышение доступности информации и качества сопровождения участников образовательных отношений	обратная связь, результаты анкетирования, уровень вовлеченности

Организационный потенциал инновационных технологий особенно заметен в сфере аналитики и принятия решений. Как отмечают К. А. Баранников, Р. С. Сулейманов, С. М. Лесин и Р. Б. Куприянов, анализ образовательных данных позволяет проектировать управленческие и организационно-педагогические решения [4].

Вместе с тем внедрение инновационных технологий должно учитывать возможные ограничения. А. В. Григорьев выделяет несколько групп рисков цифровизации образования, включая социальные, информационные, организационно-методические риски, а также риски снижения качества образования [9]. Р. А. Галустов и соавторы также указывают на технические ограничения, недостаточную готовность педагогов и необходимость повышения профессиональных компетенций в условиях цифровой трансформации образования [8].

Отдельным условием эффективности является недопущение избыточной цифровизации. Исследования Л. Н. Духаниной и А. А. Максименко показывают, что родительское восприятие цифровизации является важным фактором успешности трансформации школьного образования [11]. В свою очередь, Е. А. Нагрелли, Ю. А. Кузнецова и Д. В. Коч отмечают, что даже при развитии интернет-технологий достижение качественного взаимодействия родителей и образовательной организации остается сложной задачей [14].

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что инновационные технологии играют значимую роль в развитии современного образовательного менеджмента. Их потенциал проявляется не только в обновлении образовательного процесса, но и в повышении качества управления образовательной организацией: автоматизации документооборота, ускорении обработки информации, развитии образовательной аналитики, улучшении коммуникации с педагогами, учащимися и родителями, а также в более рациональном использовании ресурсов.

Основными направлениями применения инновационных технологий в школьном менеджменте являются автоматизация управленческих процессов, цифровизация образовательной среды, использование аналитических инструментов, развитие коммуникационных платформ и экономико-управленческая оценка внедряемых решений.

Экономический эффект инновационных технологий выражается в снижении административных расходов, сокращении времени на выполнение рутинных операций, повышении производительности труда и уменьшении транзакционных издержек.

Таким образом, инновационные технологии способны существенно повысить эффективность образовательного менеджмента, если они встроены в реальные управленческие процессы, сопровождаются развитием цифровых компетенций персонала и оцениваются через их влияние на качество управления, организационную нагрузку, образовательные результаты и рациональность использования ресурсов.

Литература

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ. – Текст: электронный.
2. Об утверждении Целевой модели цифровой образовательной среды : приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 02.12.2019 № 649. – Зарегистрирован в Минюсте России 24.12.2019 № 56962. – Текст: электронный.
3. О федеральной государственной информационной системе «Моя школа» и внесении изменения в подпункт «а» пункта 2 Положения об инфраструктуре, обеспечивающей информационно-технологическое взаимодействие информационных систем, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг и исполнения государственных и муниципальных функций в электронной форме : постановление Правительства Российской Федерации от 13.07.2022 № 1241. – Текст: электронный.
4. Аналитика обучения как способ повышения эффективности системы управления образованием / К. А. Баранников, Р. С. Сулейманов, С. М. Лесин, Р. Б. Куприянов // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. – 2020. – № 2. – С. 16–33. – DOI: 10.51314/2073-2635-2020-2-16-33. – EDN NYLADJ.
5. Андреева, Е. Е. Дефициты и перспективные направления партнерства школы и семьи: результаты прикладного исследования / Е. Е. Андреева // Педагогическое образование в России. – 2024. – № 1. – С. 8–20.
6. Бурова, В. С. Цифровое сопровождение взаимодействия педагогов и родителей обучающихся начальной школы / В. С. Бурова // Социально-политические исследования. – 2023. – № 4 (21). – С. 156–171. – DOI: 10.20323/2658_428X_2023_4_21_156.
7. Волков, С. В. Повышение эффективности управления образовательной организацией на основе внедрения информационно-коммуникационных технологий / С. В. Волков, З. З. Ишбаев, Л. С. Штраус // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. – 2023. – № 1 (35). – С. 132–144. – DOI: 10.25688/2312-6647.2023.35.1.09.
8. Галустов, Р. А. Цифровая трансформация образования и анализ возможных рисков: результаты опроса педагогов общеобразовательных организаций / Р. А. Галустов, И. В. Герлах, И. Е. Копченко, О. Н. Спирина, И. А. Твелова, В. М. Хлопкова // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 5 (53). – С. 446–462. – DOI: 10.32744/pse.2021.5.31.
9. Григорьев, А. В. Риски цифровизации школьного образования: на материалах опроса педагогов г. Астрахани / А. В. Григорьев // Общество: социология, психология, педагогика. – 2020. – № 6. – С. 84–89.
10. Гром, Е. А. К вопросу о классификации авторских подходов к проблеме цифровизации образования / Е. А. Гром // Журнал педагогических исследований. – 2023. – № 4. – С. 24–31.
11. Духанина, Л. Н. Вынужденная цифровизация школьного образования в России: родительская рефлексия / Л. Н. Духанина, А. А. Максименко // Научный результат. Социология и управление. – 2021. – Т. 7, № 2. – С. 116–131. – DOI: 10.18413/2408-9338-2021-7-2-0-9.
12. Кустицкая, Т. А. Развитие учебной аналитики в России / Т. А. Кустицкая, М. В. Носков // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : материалы V Международной научной конференции, Красноярск, 21–24 сентября 2021 года : в 2 ч. / под общ. ред. М. В. Носкова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. – Ч. 1. – С. 273–278.
13. Кузьминов, Я. И. Экономика образования / Я. И. Кузьминов, И. Д. Фрумин. – Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2018. – 432 с.
14. Нагрелли, Е. А. Оценка взаимодействия родителей и школы с использованием интернет-технологий / Е. А. Нагрелли, Ю. А. Кузнецова, Д. В. Коч // Общество: социология, психология, педагогика. – 2025. – № 5. – С. 88–96. – DOI: 10.24158/spp.2025.5.10.
15. Попов, Д. С. Цифровизация российской средней школы: отдача и факторы риска / Д. С. Попов, А. В. Стрельникова, Е. А. Григорьева // Мир России. – 2022. – Т. 31, № 2. – С. 26–50. – DOI: 10.17323/1811-038X-2022-31-2-26-50.
16. Применение цифровых технологий в управлении образовательной организацией / Т. Ю. Хаширова, Ф. В. Малухова, Ф. Б. Балкизова, С. Ю. Апшева // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 2. – С. 58. – DOI: 10.17513/spno.31640. – EDN GJYBDX.
17. Роберт, И. В. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности совершенствования / И. В. Роберт // Информатизация образования и науки. – 2020. – № 3 (47). – С. 3–16. – EDN SQWADW.

The role and potential of innovative technologies in the management of modern educational organizations using the example of school education

Polukarova E.A.

The Role and Potential of Innovative Technologies in the Management of Contemporary Educational Organizations: Evidence from School Education

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines the role of innovative technologies in the management of the modern school. It is substantiated that their significance is not limited to the modernization of the educational process, as digital solutions are capable of influencing planning, control, communication, document management, analytics, and resource allocation in an educational organization. Special attention is paid to the managerial potential of automation, educational analytics, digital platforms, and services for interaction between the school, teachers, students, and parents. It is shown that the effectiveness of implementing innovative technologies should be assessed not by the number of digital tools used, but by their impact on reducing administrative burden, improving the quality of managerial decisions, rational use of resources, and enhancing educational outcomes. It was concluded that innovative technologies can improve the efficiency of school management only with systematic implementation, the development of employees' digital competencies, and the avoidance of excessive digitalization.

Keywords: educational management, innovative technologies, digital educational environment, management efficiency, educational analytics.

References

1. Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii : Federal`ny`j zakon ot 29.12.2012 № 273-FZ. – Tekst: e`lektronny`j.
2. Ob utverzhdenii Celevoj modeli cifrovoj obrazovatel`noj sredy` : prikaz Ministerstva prosveshheniya Rossijskoj Federacii ot 02.12.2019 № 649. – Zaregistrirovan v Minyuste Rossii 24.12.2019 № 56962. – Tekst: e`lektronny`j.
3. O federal`noj gosudarstvennoj informacionnoj sisteme «Moya shkola» i vnesenii izmeneniya v podpunkt «a» punkta 2 Polozheniya ob infrastrukture, obespechivayushhej informacionno-texnologicheskoe vzaimodejstvie informacionny`x sistem, ispol`zuemy`x dlya predostavleniya gosudarstvenny`x i municipal`ny`x uslug i ispolneniya gosudarstvenny`x i municipal`ny`x funkcij v e`lektronnoj forme : postanovlenie Pravitel`stva Rossijskoj Federacii ot 13.07.2022 № 1241. – Tekst: e`lektronny`j.
4. Analitika obucheniya kak sposob povy`sheniya e`ffektivnosti sistemy` upravleniya obrazovaniem / K. A. Barannikov, R. S. Sulejmanov, S. M. Lesin, R. B. Kupriyanov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20: Pedagogicheskoe obrazovanie. – 2020. – № 2. – S. 16–33. – DOI: 10.51314/2073-2635-2020-2-16-33. – EDN NYLADJ.
5. Andreeva, E. E. Deficity` i perspektivny`e napravleniya partnerstva shkoly` i sem`i: rezul`taty` prikladnogo issledovaniya / E. E. Andreeva // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2024. – № 1. – S. 8–20.
6. Burova, V. S. Cifrovoe soprovozhdenie vzaimodejstviya pedagogov i roditelej obuchayushhixsya nachal`noj shkoly` / V. S. Burova // Social`no-politicheskie issledovaniya. – 2023. – № 4 (21). – S. 156–171. – DOI: 10.20323/2658_428X_2023_4_21_156.
7. Volkov, S. V. Povy`shenie e`ffektivnosti upravleniya obrazovatel`noj organizaciej na osnove vnedreniya informacionno-kommunikacionny`x texnologij / S. V. Volkov, Z. Z. Ishbaev, L. S. Shtraus // Vestnik MGPU. Seriya: E`konomika. – 2023. – № 1 (35). – S. 132–144. – DOI: 10.25688/2312-6647.2023.35.1.09.
8. Galustov, R. A. Cifrovaya transformaciya obrazovaniya i analiz vozmozhny`x riskov: rezul`taty` oprosa pedagogov obshheobrazovatel`ny`x organizacij / R. A. Galustov, I. V. Gerlax, I. E. Kopchenko, O. N. Spirina, I. A. Tvelova, V. M. Xlopkova // Perspektivy` nauki i obrazovaniya. – 2021. – № 5 (53). – S. 446–462. – DOI: 10.32744/pse.2021.5.31.
9. Grigor`ev, A. V. Riski cifrovizacii shkol`nogo obrazovaniya: na materialax oprosa pedagogov g. Astraxani / A. V. Grigor`ev // Obshhestvo: sociologiya, psixologiya, pedagogika. – 2020. – № 6. – S. 84–89.
10. Grom, E. A. K voprosu o klassifikacii avtorskix podxodov k probleme cifrovizacii obrazovaniya / E. A. Grom // Zhurnal pedagogicheskix issledovanij. – 2023. – № 4. – S. 24–31.
11. Duxanina, L. N. Vy`nuzhdennaya cifrovizaciya shkol`nogo obrazovaniya v Rossii: roditel`skaya refleksiya / L. N. Duxanina, A. A. Maksimenko // Nauchny`j rezul`tat. Sociologiya i upravlenie. – 2021. – T. 7, № 2. – S. 116–131. – DOI: 10.18413/2408-9338-2021-7-2-0-9.

Управленческий инструментарий предварительного отбора инновационных стартап-проектов в условиях цифровой трансформации здравоохранения

Саакян Арам Камоевич
аспирант, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, ar.saakyan@mail.ru

Цифровая трансформация здравоохранения сопровождается ростом числа инновационных стартап-проектов, однако медицинские организации нередко сталкиваются с высокими рисками и издержками при их внедрении. Целью данного исследования явилась разработка и научно-методическое обоснование скоринг-модели для оперативного экспресс-скрининга медицинских стартапов перед их внедрением в медицинские организации. Предложенный инструментарий основан на многокритериальном подходе и включает четыре блока критериев: клинический, организационный, технологический и экономический. Критерии оцениваются по единой шкале с последующим расчётом интегрального балла как среднего арифметического, что обеспечивает сопоставимость разнородных проектов и сохранение управленческой интерпретируемости результатов. Для объективизации административных решений автором предложена трехзонная шкала интерпретации итоговых показателей. Модель ориентирована на практическое применение с целью всесторонней оценки готовности и целесообразности внедрения инновационных стартап-проектов в здравоохранение, что потенциально позволит снизить риски неоправданных ресурсных потерь и неудач.

Ключевые слова: цифровая трансформация, стартап-проект, здравоохранение, скоринг-модель.

Введение

Современный этап развития мировой экономики сопровождается глобальной цифровизацией, что оказывает определяющее влияние на эволюцию системы здравоохранения. Цифровая трансформация здравоохранения выступает ключевым направлением, определяющим траекторию развития медицины XXI века. В связи с переходом к новой технологической парадигме наблюдается рост числа и усиление роли высокотехнологичных стартапов, которые становятся важными источниками инновационных изменений в отрасли. Благодаря их гибкости и высокой адаптивности стало возможным оперативно разрабатывать, апробировать и коммерциализировать медицинские цифровые решения – от платформ дистанционного мониторинга до алгоритмов искусственного интеллекта и систем поддержки принятия решений. В одном из исследований, основанном на данных американских стартапов в сфере здравоохранения было установлено, что среднегодовой объём привлекаемого финансирования увеличился с 10,8 млн до 20,9 млн долларов США, при одновременном росте доли компаний, использующих технологии искусственного интеллекта, на 55,3% [1]. Схожие тенденции наблюдаются и в российском здравоохранении, где согласно прогнозам, к 2028 году объем финансирования цифрового здравоохранения превысит 600 млрд долларов США [2, С. 282]. Внедрение инноваций в сфере здравоохранения сопровождается повышенными требованиями к отбору и реализации стартап-проектов, что предопределено спецификой самой отрасли. В отличие от многих иных секторов экономики, здесь любые технологические решения непосредственно затрагивают здоровье и жизнь пациентов, что требует соблюдения принципов систематичности, прозрачности и строгости. Любое разрабатываемое и внедряемое медицинское вмешательство проходит через трудоемкий путь подтверждения клинической безопасности и эффективности, регистрации и сертификации, а также соблюдения регуляторных и этических норм. В связи с этим внутри цифрового здравоохранения наблюдается столкновение культур и принципов. Если высокотехнологичные стартапы базируются на принципах гибкого менеджмента – высокой скорости итераций и непрерывном тестировании гипотез, здравоохранение, в свою очередь, исходит из приоритета долгосрочного обеспечения безопасности и длительной (в течение нескольких лет) оценки эффективности для пациентов, что осложняет интеграцию цифровых решений в реальную клиническую практику [3]. В совокупности перечисленные особенности могут приводить к так называемой «долине смерти» - критическому разрыву между генерацией научно обоснованных решений и их внедрением в практику оказания медицинской помощи. Как отмечают исследователи, значительная часть этих интервенций (программ, продуктов, стратегий и т.д.) оказывается невостребованной и фактически «застревает на полках», ожидая переноса в реальную клиническую практику [4]. Также нельзя не отметить проблему высокой смертности медицинских стартапов (по некоторым оценкам до 98%) [5]. В этих условиях модернизация системы здравоохранения невозможна без изменений в подходах к управлению инновациями и требует разработки чётких управленческих стандартов и экономических критериев для отбора и внедрения внешних технологических решений. В связи с ограниченностью финансовых, организационных и кадровых ресурсов здравоохранения ошибки на стадии отбора инновационных стартап-проектов приобретают особую значимость. Соответственно, возникает необходимость создания формализованных и интегральных подходов к предварительной оценке стартап-проектов, включающей технологический, клинический, экономический и организационный аспекты [6]. В качестве методологической основы анализа для разработки такого управленческого инструментария целесообразно опираться на многокритериальный анализ принятия решений (от англ. Multiple Criteria Analysis, MCDA) – применение которого всё чаще используется для оценки медицинских технологий [7, P. 780]. Благодаря такому подходу возможно учитывать различные критерии, ранжировать их по степени влияния, объективно сравнивать альтернативы, что обеспечивает структурированность, системность и прозрачность [8].

Объектом исследования является процесс управления внедрением инновационных стартап-проектов в системе здравоохранения. Предметом исследования выступают управленческие подходы, методы и инструменты, используемые для предварительной оценки и отбора инновационных проектов перед их внедрением в систему здравоохранения.

Цель исследования состоит в теоретическом обосновании и разработке управленческого инструментария предварительного отбора инновационных стартап-проектов в здравоохранении на основе принципов многокритериального анализа принятия решений (MCDA).

Для достижения поставленной цели в рамках статьи решаются следующие **задачи**:

1. Проанализированы теоретические подходы и практический опыт внедрения инноваций и стартап-проектов в здравоохранении.
2. Изучены и классифицированы ключевые барьеры внедрения и критерии отбора инновационных стартапов в здравоохранении
3. Обобщены существующие подходы к применению методов многокритериального анализа принятия решений (MCDA) в здравоохранении
4. Предложена комплексная модель (управленческий инструментарий) предварительного отбора стартап-проектов в здравоохранении на основе многокритериальной оценки их клинических, организационных, цифровых и экономических характеристик.

Материалы и методы

Методология исследования базируется на концептуальной разработке методического инструментария предварительного отбора стартапов, основанного на принципах многокритериального анализа принятия решений.

Источниками информации для формирования системы критериев послужили отечественные и зарубежные научные публикации. В ходе анализа литературы были обобщены и систематизированы данные по специфике инноваций и стартап проектов в медицинской сфере, ключевым барьерам их внедрения, методам оценки цифровой зрелости медицинских организаций, а также опыту применения методов многокритериального анализа в управлении здравоохранением. Синтез существующих подходов позволил сгруппировать критерии отбора в четыре взаимосвязанных блока: клинический, организационный, технологический и экономический. Оценка по каждому критерию выполнялась по единой шкале от 1 до 5 баллов, где 1 балл – низкая готовность проекта к внедрению, а 5 баллов – высокая степень зрелости стартап-проекта. Все четыре блока рассматриваются как равнозначные и имеют одинаковый вес, соответственно, итоговая оценка проекта формировалась на основе усреднения баллов по всем блокам. На этой основе была предложена скоринг-модель, которая позволяет формализовать и структурировать процедуру предварительного отбора стартап-проектов и повысить прозрачность и обоснованность управленческих решений при их допуске к пилотному внедрению в медицинских организациях.

Результаты

Разработанный управленческий инструментарий представляет собой многокритериальную модель, которая позволяет проводить скрининг инновационных стартап-проектов перед их внедрением. Основная цель инструмента – обеспечить оперативную оценку зрелости и сбалансированности технологического решения до начала расходования финансовых, временных, кадровых и иных ресурсов. Модель состоит из четырех ключевых блоков, каждый из которых отражает какой-либо аспект интеграции инновации. Клинический блок – проверяет безопасность и доказанную эффективность решения. Организационный блок – определяет, как стартап встраивается в рабочий процесс и как влияет на персонал. Технологический блок определяет совместимость продукта с существующей инфраструктурой и безопасность данных. Экономический блок позволяет оценить затраты и потенциальный финансовый эффект от пилотного проекта. Итоговый интегральный балл проекта считается как среднее арифметическое четырех блоков.

Клинический блок критериев

Клинический блок отражает обоснованность и медицинскую значимость стартап-проекта в реальной практике. В данный блок включены следующие критерии:

1. Клиническая значимость решаемой проблемы. Характеризуется степенью влияния проблемы на возникновение клинически значимых событий, качество жизни и нагрузку на систему здравоохранения: заболеваемость, распространенность, риски осложнений, инвалидизации и т.д.

2. Клиническая эффективность и безопасность. Оценивается прежде всего посредством клинических исследований, а также технических испытаний и синтетических исследований с применением математико-статистических методов [9, С. 476]. Учитывается ожидаемый эффект внедрения на клинические исходы, качество оказания помощи: своевременность и точность диагностики, снижение числа ошибок, повторных госпитализаций и т.д.

3. Соответствие клиническим рекомендациям и критериям качества медицинской помощи. Оценивается, насколько применение стартап-решения согласуется с действующими клиническими рекомендациями, порядками и стандартам оказания медицинской помощи по соответствующему профилю.

Организационный блок критериев

Организационный блок отражает влияние стартап проекта на деятельность медицинской организации и степень готовности её внутренних процессов, инфраструктуры, персонала к интеграции предлагаемого решения. При его формировании учитывались результаты обзора Dubromel и соавт., в котором организационные критерии влияния медицинских инноваций структурированы по следующим доменам: персонал, задачи и процессы, структура, технологии и окружения [6]. В рамках этого блока рассматриваются следующие критерии:

1. Влияние на существующие рабочие процессы. Оценивается необходимость в перестройке текущих алгоритмов работы организации. Высокий балл получают решения, которые органично встраиваются и не требуют изменения внутренних регламентов.

2. Нагрузка и требования к персоналу. Оценивается, как интеграция проекта влияет на занятость персонала и распределение обязанностей: возникает ли дополнительная нагрузка и есть ли риски сопротивления изменениям.

3. Организационная совместимость и потребность в ресурсах. Определяет необходимость изменения организационной структуры, оценивает объем ресурсов для устойчивой поддержки проекта.

Технологический блок критериев

В рамках этого блока выделяются критерии для оценки уровня технологической зрелости продукта или решения, его совместимости с цифровой экосистемов медицинской организации и соответствие требованиям к безопасности данных. Перечень предлагаемых критериев технологического блока:

1. Технические требования. Оценивается объём и характер необходимых технических ресурсов, например, сетевые требования и специализированное оборудование.

2. Технологическая зрелость решения. Оценивается текущая стадия развития продукта: наличие работающей версии, результаты технических испытаний, опыт эксплуатации, устойчивость работы. Более высокий балл получают решения, представляющие собой полностью готовый к работе коммерческий продукт, а не прототип.

3. Интероперабельность с цифровой инфраструктурой медицинской организации. Определяет степень технического «встраивания» и взаимодействия с действующими медицинскими информационными системами (МИС), поддержки необходимых форматов и стандартных протоколов обмена данными (например, FHIR, HL7) [10].

4. Конфиденциальность и защита данных. Оценивает соответствие предлагаемого и внедряемого решения законодательству в сфере защиты персональных данных и врачебной тайны.

Экономический блок критериев

Экономический блок предназначен для оценки финансовой реализуемости проекта и потенциальную ценность. В рамках этого блока предложены критерии:

1. Прямые затраты на запуск пилотного проекта. Оценивается объем первоначальных расходов, необходимых для пилотного внедрения.

2. Текущие операционные расходы. Учитываются затраты на сопровождение решения после запуска: например, техническая поддержка, обновление, обслуживание инфраструктуры и т.д.

3. Ожидаемый экономический эффект. Оценивается способность решения приносить финансовую выгоду медицинской организации за счёт, например, более эффективного использования ресурсов, сокращения времени работы и ошибок, автоматизации рутинных задач и т.д.

4. Возможности масштабируемости. Характеризует способность внедряемого решения сохранять приемлемое соотношение затрат и результатов при расширении масштабов применения.

Интегральная оценка и интерпретация результатов:

Расчёт итоговых показателей предлагается проводить в два этапа:

Этап 1 – расчет балла по каждому блоку как среднее арифметическое оценок входящих в него критериев.

Этап 2 – расчет итогового интегрального балла как среднее арифметическое оценок всех четырех блоков.

Для интерпретации результатов и принятия управленческих решений автором предлагается рассматривать 3 интервала:

- 4,0 – 5,0 баллов (высокий уровень готовности) – рекомендован к пилотному внедрению в медицинскую организацию;

- 3,0 – 3,9 баллов (средней уровень готовности) – рекомендуется доработка выявленных проблемных аспектов, особенно при наличии критически низких оценок в отдельных блоках, решение о внедрение принимается только после устранения выявленных замечаний;

- менее 2,9 баллов (низкий уровень готовности) – проект не является целесообразным для внедрения, отклоняется от рассмотрения.

Обсуждение результатов

Предложенный управленческий инструментарий предварительного отбора стартап-проектов опирается на принципы многокритериального анализа. Разделение критериев на четыре блока соответствует многомерной и комплексной оценке медицинских технологий, где наряду с клинической эффективностью и безопасностью должны учитываться организационные аспекты, требования к инфраструктуре, ресурсы и т.д. В разработанной модели сознательно используется более упрощенная конфигурация в сравнении, например, ранее предложенными моделями MCDA, что, по мнению автора, повысит её применимость в реальных условиях работы медицинской организации [12]. Применение единой шкалы оценивания и фиксированного набора блоков критериев унифицирует подход: в отличие от локальных решений, разработанных для отдельных нозологий, этот инструментарий может использоваться для скрининга разнородных стартап-проектов в различных медицинских организациях [13]. Основным ограничением текущей версии предложенной модели является равный вес всех четырёх блоков. В реальной практике приоритеты могут отличаться в зависимости от медицинской организации. К примеру, для частных медицинских учреждений более значимым может оказаться экономический блок, а для государственных научных институтов клинический и технический. В перспективе дальнейших исследований – уточнение весовых коэффициентов для отдельных блоков, а также валидация модели реальных проектов в медицинских организациях различного профиля.

Заключение

В исследовании разработана и обоснована многокритериальная модель для экспресс-скрининга инновационных стартап-проектов в сфере здравоохранения. Предложенный инструмент позволяет структурировать предварительную оценку решений по четырем блокам критериев: клиническому, организационному, технологическому и экономическому. Благодаря использованию единой системы оценивания возможно обеспечить сопоставимость разнородных проектов, что делает модель универсальной на этапе первичного отбора. Разработанная трехзонная шкала интерпретации результатов позволит объективизировать и облегчить принятие управленческих решений, что потенциально снизит риски интеграции неэффективных продуктов. Перспективы дальнейшей работы связаны с уточнением весовых коэффициентов критериев и валидацией разработанной скоринг модели на выборе реальных пилотных проектов.

Литература

1. Ganeshan S., Goldstein J., Sohn Y.-J. et al. Impact of COVID-19 on Characteristics and Funding of U.S. Healthcare Startups: Retrospective Review // JMIR Formative Research. 2024. Vol. 8. Art. e56327. DOI: 10.2196/56327. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11387907/ (дата обращения: 22.04.2026). Текст: электронный.

2. Литвинова А. А., Хоминич И. П. Финансирование цифрового здравоохранения // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 12-2. С. 282–286. DOI: 10.17513/vaael.3168. URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=3168 (дата обращения: 27.05.2026).

3. Duffy A., Christie G. J., Moreno S. The Challenges Toward Real-world Implementation of Digital Health Design Approaches: Narrative Review // JMIR Human Factors. 2022. Vol. 9, N 3. P. e35693. DOI: 10.2196/35693.

4. Powering Swiss health care for the future: implementation science to bridge “the valley of death” // Swiss Medical Weekly. 2020. Vol. 150, N 37–38. Art. w20323. DOI: 10.4414/smw.2020.20323. URL: https://smw.ch/index.php/smw/article/view/2871 (дата обращения: 27.05.2026).

5. Chakraborty I., Ilavarasan P. V., Edirippulige S. Health-tech startups in healthcare service delivery: A scoping review // Social Science & Medicine. 2021. Vol. 278. P. 113949. DOI: 10.1016/j.socscimed.2021.113949.

6. Dubromel A., Duvinage-Vonesch M. A., Geffroy L., Dussart C. Organizational aspect in healthcare decision-making: a literature review // Journal of Market Access & Health Policy. 2020. Vol. 8, N 1. Art. 1810905. DOI: 10.1080/20016689.2020.1810905.

7. Gongora-Salazar P., Rocks S., Fahr P., Rivero-Arias O., Tsiachristas A. The Use of Multicriteria Decision Analysis to Support Decision Making in Healthcare: An Updated Systematic Literature Review // Value in Health. 2023. Vol. 26, N 5. P. 780–790. DOI: 10.1016/j.jval.2022.11.007.

8. Deason J. P., Adams S. J., Rahman A., Lovo S., Mendez I. A Technology Selection Tool Applying Multiple Criteria Decision Analysis for Virtual Care Implementation // Mayo Clinic Proceedings: Digital Health. 2025. Vol. 3, N 4. Art. 100260. DOI: 10.1016/j.mcpdig.2025.100260.

9. Omelyanovskiy V. V., Gorkavenko F. V., Ryagina V. A., Rukavitsyna N. P., Morozov D. Yu., Sorokovikov I. V., Svetlov V. V. Basic approaches to assessment of digital health products and services in the Russian Federation // FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology. 2025. Vol. 18, N 4. P. 473–482.

10. Adegoke K., Adegoke A., Dawodu D., Adekoya A., Bayowa A., Kayode T., Singh M. Interoperability as a Catalyst for Digital Health and Therapeutics: A Scoping Review of Emerging Technologies and Standards (2015–2025) // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2025. Vol. 22, N 10. Art. 1535. DOI: 10.3390/ijerph22101535.

11. Gomes M., Murray E., Raftery J. Economic Evaluation of Digital Health Interventions: Methodological Issues and Recommendations for Practice // PharmacoEconomics. 2022. Vol. 40. P. 367–378. DOI: 10.1007/s40273-022-01130-0.

12. Baran-Kooiker A., Czech M., Kooiker C. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Models in Health Technology Assessment of Orphan Drugs — a Systematic Literature Review. Next Steps in Methodology Development? // Frontiers in Public Health. 2018. Vol. 6. Art. 287. DOI: 10.3389/fpubh.2018.00287.

13. Beny K., Dubromel A., du Sartz de Vigneulles B., Gay V., Carrouel F. et al. Multiple criteria decision analysis for therapeutic innovations in a hemophilia care center: A pilot study of the organizational impact of innovation in hemophilia care management // PLOS ONE. 2022. Vol. 17, N 9. Art. e0273775. DOI: 10.1371/journal.pone.0273775.

Management toolkit for preliminary selection of innovative startup projects in the context of digital transformation of healthcare

Saakian A.K.

St. Petersburg University of Management Technologies and Economics

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The digital transformation of healthcare is accompanied by a rapid in the number of innovative startup projects; however, healthcare organizations frequently face high risks and substantial costs during their implementation. This study aims to develop and methodologically substantiate a scoring model for the rapid express screening of healthcare startups prior to their integration into medical organizations. The proposed instrument is based on a multi-criteria approach and comprises four assessment blocks: clinical, organizational, technological and economic. The criteria are evaluated using a unified scale, followed by the calculation of a composite score based on arithmetic mean, which ensures the comparability of heterogeneous projects and preserves the managerial interpretability of the results. To objectify administrative decision-making, a three-zone scale for interpreting the final performance indicators is introduced. The model is designed for practical application to comprehensively assess the readiness and feasibility of intergrating innovative startup projects into healthcare, thereby potentially mitigating the risks of unwarranted resource depletion and operational failures.

Keywords: digital transformation, startup project, healthcare, scoring model.

References

1. Ganeshan S., Goldstein J., Sohn Y.-J. et al. Impact of COVID-19 on Characteristics and Funding of U.S. Healthcare Startups: Retrospective Review // JMIR Formative Research. 2024. Vol. 8. Art. e56327. DOI: 10.2196/56327. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11387907/ (accessed: April 22, 2026). Text: electronic.
2. Litvinova A. A., Khominich I. P. Financing digital healthcare // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2023. No. 12-2. pp. 282–286. DOI: 10.17513/vaael.3168. URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=3168 (date of access: 05/27/2026).
3. Duffy A., Christie G. J., Moreno S. The Challenges Toward Real-world Implementation of Digital Health Design Approaches: Narrative Review // JMIR Human Factors. 2022. Vol. 9, N 3. P. e35693. DOI: 10.2196/35693.
4. Powering Swiss health care for the future: implementation science to bridge “the valley of death” // Swiss Medical Weekly. 2020. Vol. 150, N 37–38. Art. w20323. DOI: 10.4414/smw.2020.20323.
5. Chakraborty I., Ilavarasan P. V., Edirippulige S. Health-tech startups in healthcare service delivery: A scoping review // Social Science & Medicine. 2021. Vol. 278. P. 113949. DOI: 10.1016/j.socscimed.2021.113949.
6. Dubromel A., Duvinage-Vonesch M. A., Geffroy L., Dussart C. Organizational aspect in healthcare decision-making: a literature review // Journal of Market Access & Health Policy. 2020. Vol. 8, N 1. Art. 1810905. DOI: 10.1080/20016689.2020.1810905.
7. Gongora-Salazar P., Rocks S., Fahr P., Rivero-Arias O., Tsiachristas A. The Use of Multicriteria Decision Analysis to Support Decision Making in Healthcare: An Updated Systematic Literature Review // Value in Health. 2023. Vol. 26, N 5. P. 780–790.
8. Deason J. P., Adams S. J., Rahman A., Lovo S., Mendez I. A Technol-ogy Selection Tool Applying Multiple Criteria Decision Analysis for Virtual Care Implementation // Mayo Clinic Proceedings: Digital Health. 2025. Vol. 3, No. 4. Art. 100260. DOI: 10.1016/j.mcpdig.2025.100260.
9. Omelyanovskiy V. V., Gorkavenko F. V., Ryagina V. A., Rukavitsyna N. P., Morozov D. Yu., Sorokovikov I. V., Svetlov V. V. Basic approaches to assessing digital health products and services in the Russian Federation // Pharmacoeconomics. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 473–482.

Опережающее развитие организации на основе модели управления наращиванием инновационного потенциала

Назюта Сергей Викторович
кандидат экономических наук, первый проректор — проректор по экономической деятельности, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), nazyuta_sv@pfur.ru,

Чурсин Александр Александрович
доктор экономических наук, профессор, профессор-консультант кафедры прикладной экономики, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), cursinaleksandr76@gmail.com,

Шиболденков Владимир Александрович
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, vshiboldenkov@bmstu.ru,

Таржманова Рыста Шынболатовна
доцент кафедры прикладной экономики, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), tarzhmanova-r@rudn.ru

Статья посвящена исследованию опережающего развития организации на основе модели управления наращиванием инновационного потенциала. В статье отмечается, что в настоящее время в силу высокой динамичности рынка, ужесточения предпочтений потребителей, внедрения современных цифровых технологий опережающее развитие определяется двумя факторами: масштабом и качеством национальных инвестиций в инновационный потенциал и эффективностью организационных моделей, превращающих их в устойчивый рост. Достоинством статьи является авторская формулировка закона развития инновационного потенциала, который гласит, что развитие инновационного потенциала определяется предельной эффективностью уникальных компетенций организации, формирующих условия для его наращивания на новых рыночных нишах, что в дальнейшем способствует созданию высококонкурентной наукоемкой продукции обеспечивая непрерывность инновационного цикла и устойчивое развитие организации. В заключении авторы приходят к выводу, что применение модели наращивания инновационного потенциала ускоряет генерацию и внедрение нововведений, повышает адаптивность и эффективность, поддерживает внедрение унифицированных метрик и масштабируется до корпоративных и национальных систем, особенно полезно для экономик с ограниченными ресурсами.
Ключевые слова: опережающее развитие организации, инновационный потенциал, уникальные компетенции, высококонкурентная наукоемкая продукция, инновационный цикл, устойчивое развитие.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-18-00075, https://rscf.ru/project/25-18-00075/

Введение и актуальность

Опережающее развитие трактуется как управляемый процесс, при котором предприятие не только адаптируется, но и формирует новые рыночные и технологические траектории за счет инкрементальных и радикальных инноваций, повышающих динамические способности и скорость создания ценности [1].

В такой логике модель управления, целенаправленно развивающая инновационный потенциал, становится ядром опережающего развития, позволяющего занять и удерживать лидерство на глобальных рынках через масштабирование и диверсификацию инновационной продукции и/или первичный выход для захвата окон возможностей и закрепления устойчивых преимуществ, что обеспечивается глубокой цифровой трансформацией и интеграцией сквозных цифровых когнитивных технологий в бизнес-процессы [2].

В связи с этим модель управления наращиванием инновационного потенциала (далее ИПО) для опережающего развития организации (далее ОРО) усиливает технологическую эластичность и кумулятивность инноваций, раскрывая комплементарность человеческого капитала и цифровых активов, что позволяет компаниям ускорять цикл «исследование—разработка—внедрение—масштабирование», сокращать технологические разрывы, укреплять конкурентные позиции и повышать адаптивность в условиях непрерывных изменений.

Проблема, цель и гипотеза исследования

В условиях глобального сдвига к наукоемкому росту барьерами выступают высокие координационные издержки, фрагментация знаний и замедленная диффузия технологий, что снижает управляемость масштабированием инноваций [3]. Требуется переход от разрозненных, единичных нововведений к управляемой, ускоренной диффузии знаний и технологий внутри организации и в межорганизационных связях, с фокусом на выявлении и преодолении барьеров структурной трансформации для опережающего развития организации [4].

Научная проблема формулируется как разработка подхода и инструментария управления наращиванием инновационного потенциала организации на базе цифровых технологий, обеспечивающего опережающее развитие.

Авторы фиксируют [5,6,7] ряд методологических и прикладных ограничений в существующих подходах к опережающему развитию на базе цифровых технологий. Отсутствие целостных моделей и практик приводит к разрыву между стратегическими декларациями и фактическими результатами, что подрывает способность организаций удерживать лидерство в глобальных нишах. Возникает потребность в управленческом механизме, переводящей инновационный потенциал из набора разрозненных инициатив в воспроизводимую архитектуру ускоренного роста.

Поэтому необходимо комплексное управление ИПО: проектирование и адаптация под доминирующие режимы отраслевой эволюции, сокращение лагов между исследованиями, разработкой и коммерциализацией, упреждение структурных сдвигов.

Таким образом возможно сформулировать гипотезу исследования:

Устойчивое опережающее развитие организации возможно тогда и только тогда, когда ее инновационный потенциал динамически развивается и это развитие согласовано с текущими и ожидаемыми технологическими и рыночными нелинейными эффектами, и обоснованного потребительским спросом на продукцию.

Основные теоретические положения

Теоретическое ядро управления опережающим развитием опирается на экономические законы убывающей предельной полезности и увеличения потребностей, что даёт математически формализуемую основу для выбора приоритетов.

На этой базе формируется стратегия опережающего развития корпораций с интегральной метрикой конкурентоспособности для управленческой диагностики и отбора проектов: продукт должен не только удовлетворять существующий спрос, но и создавать новую потребительскую ценность, способную инициировать формирование новых рынков.

Инновационный потенциал представляет собой способность различных экономических агентов стран, отраслей и предприятий производить

наукоёмкую конкурентоспособную продукцию, отвечающую требованиям мирового рынка, и выступает как система факторов и условий, необходимых для осуществления инновационного процесса [5].

Таблица 1
Ключевые составляющие инновационного потенциала организации

Составляющая	Характеристика	Ключевые функции
Человеческий капитал	Совокупность знаний, навыков и инновационной культуры сотрудников	Генерация идей Создание инноваций Формирование благоприятной среды для творчества
Научно-технический капитал	Инфраструктура для исследований и технологических разработок (в том числе нормативно-правовая защита и регулирование инновационной деятельности)	Проведение НИОКР Создание прототипов Разработка уникальных решений Тестирование инноваций Патентование Лицензирование Соблюдение нормативов Защита интеллектуальной собственности
Организационно-управленческий капитал	Системы управления, координации и развития инновационной деятельности	Принятие решений Внутренние коммуникации Управление процессами Распространение знаний
Финансово-экономический капитал	Ресурсное обеспечение и реализация инноваций	Финансирование проектов Оценка эффективности Масштабирование разработок Организация производства
Сетевой капитал	Налаженные каналы взаимодействия с внешней средой и рынком	Установление партнерств Коммерциализация инноваций Исследование рынка Продвижение продуктов

Источник: составлено авторами на основе [5,6,7].

Развитие концепции инновационного потенциала в российской науке демонстрирует эволюцию от узкотехнического к комплексному системному пониманию, что создает теоретическую основу для разработки стратегий устойчивого развития организаций в условиях ограниченности трудовых ресурсов и рассматривать инновационный потенциал как многоуровневую систему, способную компенсировать кадровый дефицит за счет оптимального использования всех видов ресурсов и организационных резервов, и технологического увеличения производительности труда [8].

Основные закономерности, определённые выше, позволяют нам сформулировать закон развития инновационного потенциала:

Закон развития инновационного потенциала (формальная формулировка):

Развитие инновационного потенциала определяется предельной эффективностью уникальных компетенций компании (положительного баланса от доходов и затрат человеческого и организационного капиталов), которые формулируют условия для его наращивания за счет создания благоприятных условий на новых рыночных нишах, и таким образом приводит к созданию высококонкурентной наукоемкой продукции обеспечивая непрерывность инновационного цикла и устойчивое развитие компании.

Результаты

В рамках исследования сформулированы принципы по опережающему развитию организации, интегрирующие управление инновационным потенциалом с целями освоения новых рыночных ниш и обеспечения устойчивого опережающего роста. Рис. 1 поясняет то, как наращивание уникальных компетенций обеспечивает создание конкурентоспособной наукоемкой продукции, открывает новые рыночные сегменты и укрепляет технологическое лидерство; этот закон служит методологической основой, задавая критерии отбора инициатив, приоритизации инвестиций и проектирования организационных механизмов воспроизводимой инновационности.

Предлагаемая модель показывает, что опережающее развитие достигается балансировкой активного контура (устойчивость ресурсной базы, операционная эффективность, ключевые процессы) и проактивного контура (стратегическое развитие, формирование новых компетенций, портфель перспективных технологий и подготовка к будущим изменениям), чья синхронная координация ускоряет внутреннюю диффузию технологий, сокращает цикл вывода продукции и повышает способность к опережающему развитию. Принципиальная новизна закона в том, что результативность инноваций определяется не величиной инвестиций, а оптимальным балансом между активными и проактивными механизмами управления; этот баланс остаётся значимым вне зависимости от типа политико-экономической системы [9].

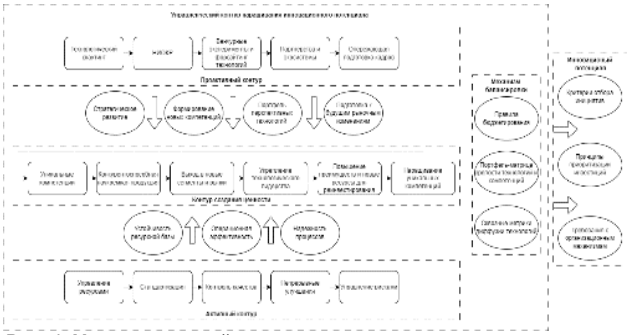


Рис. 1. Управленческий контур наращивания инновационного потенциала для опережающего развития организации
Источник: составлено авторами.

Осуществим доказательную базу вышесказанного на основе положений и постулатов [8,9,10].

A — физический и финансовый капитал: удешевление финансирования снижает требуемую доходность и ускоряет накопление мощностей; S — человеческий капитал и координация знаний: программы привлечения талантов и научного лидерства повышают предельную отдачу от уже вложенного A.

Совместное наращивание A и S создаёт комплементарность: рост S сдвигает производственную функцию вверх и повышает предельный продукт A, тогда как дешёвое финансирование снижает издержки приближения к внутреннему оптимуму, где предельные выгоды A и S выравниваются с их предельными издержками.

Устойчивость достигается, когда дисконтированный поток полезного выпуска, включая внешние эффекты S (диффузия знаний, сетевые и кластерные спилловеры), стабильно перекрывает издержки амортизации, износа и организационного трения; на практике это обеспечивается одновременным удешевлением капитала, ускорением диффузии знаний, ростом плотности взаимодействий и кластеризацией, что сокращает срок окупаемости и усиливает кумулятивные эффекты обучения.

Тогда можно сформулировать **Постулат 1:** в нашей модели инновационный потенциал наращивается от двух инструментов:

- активные вложения в оборудование, технологии, инфраструктуру — это A(t);
- продуктивные управленческие и рыночные ходы — стратегии S(t).

Их эффект аддитивно складывается. Но со временем часть потенциала «утекает»: технологии устаревают, люди уходят или теряют навыки, капитал организации «расслаивается». Поэтому есть постоянные потери, пропорциональные текущему уровню потенциала. Поэтому возможно перейти к **Постулат 2:** «Чем больше ресурсов, тем меньше прирост от каждого рубля инвестиций».

Если организация хорошо нарастила ресурсную базу, каждый следующий рубль инвестиций в них дает меньший прирост. В среднем чувствительность к вложениям в A растет медленнее, чем сами вложения: отдача «приглушается». Удобно считать, что прирост от A растет как корень квадратный: сначала быстро, потом все медленнее. Это соответствует ограничению мощностей и падению предельной производительности. Поэтому получаем:

Постулат 3: Стратегии конвертируются почти напрямую. Хорошо выстроенные стратегии — стандарты, партнерства, IP, портфель решений — в рабочем диапазоне масштабов довольно предсказуемо превращаются в рост потенциала почти «линейно». То есть усилили стратегическую работу — почти на столько же вырос потенциал. Это делает стратегию удобной для прямой настройки под нужную траекторию роста. На основе вышеизложенного можно составить:

Постулат 4: Баланс «технологий» и «управления»

Идеальная точка — когда дополнительный рубль в «технологии» и дополнительный рубль в «стратегию» дают одинаковую дополнительную пользу. Тогда бюджет делится так, чтобы оба «инструмента» роста работали с одинаковой предельной эффективностью. Это правило позволяет быстро подобрать соотношение инвестиций в A и усилий по S без потерь на перекосы. Поэтому возможно представить:

Постулат 5: Наращивание ИПО будет тогда и только тогда, если его приток покрывает утечки из-за устаревания и организационное трение Траектория считается устойчивой, если в среднем приток от инвестиций и стратегий больше, чем суммарные потери от устаревания, обесценения и организационного трения. Тогда средний темп роста потенциала положительный.

Практически это означает: не просто тратить на технологии и стратегии, а делать так, чтобы эти траты стабильно «перекрывали» износ, устаревание и сопротивление системы.

Далее представим постулаты в виде экономико-математических моделей:

1.Модель кумулятивной компетенции $\frac{dA}{dt} = \alpha C^2 - \delta A$ определяет эндогенную эволюцию *A(t)*.

A - технологический уровень (Technology Level)

C - уровень компетенций (Competence Level), $0 \le C \le 1$

α - коэффициент преобразования знаний в технологии (Knowledge Conversion Rate)

δ - коэффициент устаревания технологий (Technology Obsolescence Rate)

t - время (Time)

Его стационарное значение при постоянном *C*: $A* = (\alpha/\delta) \cdot C^2$. Подстановка в Ṗ даёт вклад активов α·A^(1/2) = α·[(α/δ)^(1/2)·C] = α^(3/2)·C/δ^(1/2), что связывает кадровые компетенции с темпом наращивания P.

2.Модель селективного финансирования $Iopt = argmax[\beta(R\&D) \cdot F - \gamma(F)]$ обеспечивает настройку *S* через финансирование *F*, где *β(R&D)* — эластичность стратегий по результатам НИОКР.

$Iopt$ - оптимальный уровень инвестиций (Optimal Investment)

β - эффективность преобразования финансов в инновации (Innovation Efficiency)

R&D – затраты на инновационную деятельность (Research and Development Intensity)

F - объем финансовых ресурсов (Financial Resources)

γ - функция затрат на инвестиции (Investment Cost Function)

Оптимум задаёт *S(t)* как функцию бюджетных решений и рисков, что входит в *β·S(t)* в уравнении *P*.

3.Модель синергетической производительности $Q = A \cdot [kK^{\rho} + (1-k)(L \cdot H)^{\rho}]^{(1/\rho)} \cdot e^{\{\lambda \cdot I/I0\}}$ связывает выпуск с платформой A и человеческим капиталом H.

Q - совокупная производительность (Total Productivity);

K - физический капитал (Physical Capital);

L - количество труда (Labor Quantity);

H - человеческий капитал (Human Capital), $0 \le H \le 1$;

ρ - параметр эластичности замещения (Elasticity of Substitution);

λ - коэффициент эффективности инвестиций (Investment Efficiency);

I - фактические инвестиции (Actual Investments);

I_0 - пороговый уровень инвестиций (Investment Threshold);

k - доля капитала в производстве (Capital Share);

Рост Q при фиксированных ограничениях обратной связи поддерживает S(t) за счёт реинвестируемой добавленной стоимости и усиливает F, замыкая контур P → Q → F → S → P.

4.Модель управляемой динамики dX/dt = μX(1−X/ *IC*) − φX^2/(X^2+ε) описывает активность X, влияющую на транзакционные издержки и, следовательно, на эффективный коэффициент β и на демпфирование в интегральном условии устойчивости.

X - уровень инновационной активности (Innovation Activity Level)

μ - коэффициент роста инноваций (Innovation Growth Rate)

IC - емкость инновационного потенциала (Innovation Capacity)

φ - коэффициент организационного сопротивления (Organizational Resistance)

ε - параметр нелинейности демпфирования (Nonlinear Damping Parameter)

5.Модель технологического мультипликатора $A(t) = A_0 \cdot exp(\int [ICR \cdot I(s)M(s)]ds)$ раскрывает механизм роста A через инвестиции I и кадровый мультипликатор M(s).

A(t) - технологический уровень в момент времени t

A_0 - начальный технологический уровень (Initial Technology Level)

ICR - норма преобразования инвестиций (Investment Conversion Rate)

I(s) - инвестиции в момент времени s

M(s) - кадровый мультипликатор (Human Capital Multiplier)

s - переменная интегрирования

Это согласуется с Постулатом 2: быстрый рост A не линейно переносится в Ṗ из-за сублинейной трансформации A → P.

Далее представим условие динамичного наращивания ИПО:

Инновационная траектория допустима, если суммарный вклад драйверов устойчиво превосходит совокупные издержки устаревания и организационного трения. Интегральное условие устойчивого развития формулируется как $\int (\beta F + \alpha C^2)dt > \int (\delta A + \varphi X)dt$ при согласовании обозначений F ↔ S-интенсивность финансирования стратегий, C — компетенции (вклад в A через накопление), δ — темп обесценения A, φ — организационное демпфирование активности X. Это условие обеспечивает Ṗ в среднем положительное и совместимо с уравнением для P.

Условие устойчивости и стационарности модели ИПО позволяет сформулировать уравнение (dP/dt = α·A(t)^(1/2) + β·S(t) − γ·P(t)):

При заданных A(t) и S(t) уравнение Ṗ + γP = α·A^(1/2) + β·S имеет решение:

P(t) = e^{−γt}·[P(0) + ∫_0^t e^{γτ}(α·A(τ)^(1/2) + β·S(τ)) dτ].

Стационарный уровень при постоянных A, S: P* = [α·A^(1/2) + β·S]/γ. Это согласуется с постулатами 1–3 и обеспечивает критерий управления: максимизировать числитель при контролируемом γ.

Аналитическое решение уравнения динамики инновационного потенциала показывает, как возможности системы формируются сочетанием затухающего начального потенциала $P(0) \cdot e^{-\gamma t}$ и кумулятивного эффекта инвестиций ∫₀ᵗ e^{γτ}(α·A(τ)^{1/2} + β·S(τ))dτ. Коэффициент демпфирования γ задает скорость морального устаревания и определяет временные горизонты эффективности инвестиций, тогда как множитель $e^{\gamma t}$ компенсирует затухание и корректно взвешивает вклад вложений во времени. Возврат от активных инвестиций $A(\tau)$ убывает по корневому закону, а от проактивных стратегий $S(\tau)$ — линейный, что указывает на различный характер влияния этих компонентов на инновационный потенциал.

Инновационный потенциал в каждый момент задают три фактора: остаток исходного потенциала, накопленный эффект инвестиций в активные и проактивные компоненты, и временное взвешивание с учетом демпфирования [9].

Исходные гипотезы утверждают, что паритетное наращивание активных инвестиций A(t) и координации знаний S(t) обеспечивает опережающий рост инновационного потенциала P(t) и сокращение времени вывода на рынок; что S усиливает предельную отдачу от A (комплементарность A×S); что при выполнении интегрального бюджетно-институционального условия ускоряется внутриблоковая диффузия; что кластеризация и пространственная близость снижают демпфирующие параметры γ и φ, повышая стационарный уровень P*; и что прирост от A носит сублинейный характер, тогда как вклад S в среднем ближе к линейному.

Для привязки к данным операционализируются ключевые переменные: активный контур A(t) охватывает индексы технологической оснащенности и накопленный патентный капитал по приоритетным направлениям, капитальные вложения в совместные мощности и долю оборудования совместного происхождения, а также скорость технологических обновлений через возраст капитала и CAPEX-интенсивность.

Проактивный контур S(t) фиксируется через число и глубину дорожных карт и стандартов, объем совместных R&D-фондов и долю проектов с распределением прав ИС, мобильность талантов (визы, гранты, совместные аспирантуры), интенсивность ко-публикаций и ко-патентов, а также структуру портфелей перспективных технологий по TRL, конверсию TRL→пилот→масштаб.

Дополнительно учитываются C и H как компетенции и человеческий капитал (профиль навыков, выпуск STEM, доля инженеров, участие в транснациональных центрах компетенций), F как финансирование стратегий (взносы в фонды, софинансирование, льготные инструменты), X как инновационная активность и координация (число консорциумов, обмен данными, скорость регуляторного согласования, транзакционные издержки), а также транзакционные параметры γ (темп морального устаревания) и φ (организационное демпфирование), измеряемые через срок релевантности технологий, задержки контрактов, переносы сроков и индекс институциональной совместимости.

Пространственная близость и кластеры описываются логистическими плечами, издержками транспорта и таможенной очистки, плотностью со-локализации университетов, технопарков и производственных узлов, а также сетевыми коэффициентами кластерной связанности.

Метрики результата строятся вокруг динамики инновационного потенциала в уравнении Ṗ + γP = α·A^{1/2} + β·S с оценкой параметров α, β, γ на панельных данных методами НМНК/СЕМ, дальнейшим расчетом стационарного уровня P* и сопоставлением с фактическими KPI: временем вывода на рынок, долей новых продуктов в экспорте и скоростью масштабирования пилотов.

Диффузия оценивается через среднее время перехода от TRL6 к коммерциализации и число транснациональных внедрений в год; эффект кластеризации — через различия P* и TTM между кросс-локализованными и распределенными проектами при сопоставимых бюджетах.

Ожидаемые эмпирические результаты согласуются с пятью вспомогательными моделями: ускоренные программы подготовки кадров и обмена знаниями поднимают устойчивый уровень активных инвестиций A* по динамике dA/dt = αC^2 − δA, что повышает вклад α·A^{1/2} в Ṗ и дает сверхпропорциональный прирост A* при росте C;

внутреннее дешевое финансирование сдвигает оптимум Iopt = argmax[β(R&D)·F − γ(F)] в пользу увеличения S до выравнивания предельных эффектов, причем β растет по мере снижения транзакционных издержек; в производственной функции Q = A·[kK^ρ + (1−k)(L·H)^ρ]^{1/ρ}·e^{λ·I/I0} кластеризация повышает H и снижает I0, увеличивая выпуск при фиксированном A и замыкая контур P → Q → F → S → P;

координационные платформы в динамике dX/dt = μX(1−X/IC) − φX^2/(X^2+ε) повышают емкость координации IC и снижают φ, стабилизируя X и ускоряя обновления, что ведет к снижению γ; обмен талантами и совместное финансирование усиливают A(t) по A(t) = A0·exp(∫[ICR·I(s)·M(s)]ds), при этом вклад A в Ṗ ограничивается корневой трансформацией A → A^{1/2}, что подтверждает сублинейность эффекта A и необходимость роста S для поддержания высоких предельных эффектов.

Дизайн проверки опирается на панельную спецификацию Ṗ_{i,j,t} = α·A_{i,j,t}^{1/2} + β·S_{i,j,t} − γ·P_{i,j,t} + θZ_{i,j,t} + u_{i} + v_{j} + w_{t} + ε с контролями Z (открытость рынков, логистика, тарифы на данные, нормативная совместимость) и фиксированными эффектами по странам, секторам и времени. Тест баланса реализуется через оценку предельных эффектов Marginal_P_A = ∂Ṗ/∂A и Marginal_P_S = ∂Ṗ/∂S и проверку их эмпирического выравнивания на траекториях с наилучшим TTM; комплементарность A×S проверяется по взаимодействию A^{1/2}×S и по изменению ∂Ṗ/∂A при экзогенных шоках S.

Для идентификации применяются инструментальные переменные: для S — шоки от запуска программ совместных грантов, общих стандартов и визовых режимов для исследователей; для A — ввод новых мощностей, поставки оборудования и льготные кредитные линии. Эффект кластеров идентифицируется разницей-разниц вокруг открытия транснациональных технопарков, НИОКР-центров и индустриальных коридоров, с проверкой снижения φ и γ и роста P* в кросс-локализованных связках.

Пилотная апробация будет проводиться на трех направлениях: цифровая взаимосвязность и ИИ, где A включает совместные облака, датацентры и нейроускорители, а S — стандарты обмена данными, общие датасеты и соглашения по ИС; ожидается, что рост S повышает переносимость моделей и реюз компонентов, увеличивая β, снижая γ и сокращая TTM на 20–30% при паритете инвестиций.

В возобновляемой энергетике и водороде активный контур формируют электролизеры, батареи и инфраструктура хранения, а проактивный — унификацию сертификации, гарантии происхождения и совместные аукционы мощности; кластеры с короткими логистическими плечами дополнительно снижают φ и повышают H.

В транспорте и логистике модернизация портов, железных дорог и мультимодальных хабов (A) сочетается с цифровыми коридорами, взаимным признанием e-CMR и “едиными окнами” (S); синхронная координация контуров сокращает оборот времени грузов, увеличивает выпуск Q, подпитывает финансирование F и удерживает контур S на траектории равных предельных эффектов.

В результате проверка гипотез H1–H5 сводится к демонстрации того, что паритетное наращивание A и S, усиленное кластеризацией и координационными платформами, статистически значимо повышает P(t), ускоряет диффузию и снижает TTM, а ключевым рычагом является не абсолютный объем вложений, а баланс активного и проактивного контуров, поддержанный снижением γ и φ. Что и будет сделано в дальнейших исследованиях.

Обсуждение

Авторы определили выше, что опережающее развитие определяется двумя факторами: масштабом и качеством национальных инвестиций в инновационный потенциал и эффективностью организационных моделей, превращающих их в устойчивый рост. Но важно заметить то, что одних инвестиций мало — нужны механизмы ускоренной диффузии технологий, интеграции НИОКР с рынком и развития ключевых компетенций, основанные на модели синхронной координации активных (эксплуатационных) и проактивных (поисково-исследовательских) контуров, что ускоряет распространение технологий, сокращает цикл вывода наукоемкой продукции и усиливает опережающее позиционирование.

Использование модели наращивания инновационного потенциала выводит организацию на траекторию опережающего развития за счет ускоренной диффузии технологий, повышения эффективности ресурсов и накопления компетенций [10]. Этот подход особенно актуален для стран и компаний, стремящихся к технологическому лидерству в условиях глобальной конкуренции и быстрой смены технологической повестки.

Заключение

В XXI веке выигрывают те, кто создаёт продукты на новых физико-технических принципах и резко ускоряет цикл «идея–прототип–рынок». Показателен пример ракетных узлов, напечатанных на 3D-принтере: аддитивные технологии оперативно формируют сложные камеры сгорания с интегрированными каналами охлаждения, сокращают число деталей и ускоряют итерации. Однако для системного рывка нужны не только инженеры и оборудование, но и экономические инструменты — управление опережающим развитием организации на основе метрик, портфельного отбора, контрактных моделей и стимулов для поставщиков, целенаправленно наращивающий инновационный потенциал для опережающего развития на основе вышеизложенного закона.

Инновационный потенциал следует трактовать как управляемую систему комплементарных ресурсов, механизмов и институтов, эффективность которой определяется качеством связей, динамическими способностями и контекстом. В качестве прикладного инструмента предлагается закон об управлении инновационным потенциалом, формирующий теоретическую базу и универсальный механизм для организаций и сложных инновационных систем. Этот закон утверждает, что устойчивое опережающее развитие возможно лишь при сбалансированном управлении активными (ресурсными) и проактивными (стратегическими) механизмами.

Литература

a. D. Shipkova and V. A. Shiboldenkov, "Prospects for Economic Integration of Artificial Intelligence in the Context of Technology Shocks," 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE63962.2025.10970903.

2. V. Gutenev and V. A. Shiboldenkov, "An Integrated Approach to the Electronic Industry Diversification Problems," 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/REEPE60449.2024.10479892.

3. Chursin A., Boginsky A., Drogovoz P., Shiboldenkov V., Chupina Z. Development of a Mechanism for Assessing Mutual Structural Relations for Import Substitution of High-Tech Transfer in Life Cycle Management of Fundamentally New Products // Sustainability. 2024. V. 16. №. 5. P. 1912. DOI: https://doi.org/10.3390/su16051912

4. E. V. Zueva, M. T. Chobitko and V. A. Shiboldenkov, "Classification Types Recommendations for the Innovation Projects Management," 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 01-06, doi: 10.1109/REEPE63962.2025.10971052.

5. Fedorova E., Drogovoz P., Popova A., Shiboldenkov V. Impact of R&D, patents and innovations disclosure on market capitalization: Russian evidence // Kybernetes. 2022. Vol. 52 No. 12, pp. 6078-6106. DOI: https://doi.org/10.1108/K-08-2021-0760

6. Shiboldenkov V.A. Overview of Technological Forecasting and Assessment of the Life Cycle Results of the Technological Innovation Market // Ecological Footprint of the Modern Economy and the Ways to Reduce It: The Role of Leading Technologies and Responsible Innovations. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. P. 227-234. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49711-7_39

7. Z. Yan and V. A. Shiboldenkov, "Sustainable Development Technologies Research Issue of the Modern Fuel-Energy Industry," 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE60449.2024.10479928.

8. Чурсин А.А. Управление конкурентоспособностью в обеспечение национальной технологической безопасности М.: Экономика, 2024. – 543 с.

9. Марченко Р.А., Таржманова Р.Ш. Оценка технического и технологического уровня высокотехнологичной наукоемкой организации // Горизонты экономики. – 2024. – №2(82). – С.25-30.

10. Окатьев Н.А., Чурсин А.А., Таржманова Р.Ш. Совершенствование инструментов по разработке радикально новых компетенций // Горизонты экономики. – 2023. – №6 (79). – С.84-90.

Advanced Organizational Development Based on a Model for Managing Innovative Potential Growth

Nazyuta S.V., Chursin A.A., Shiboldenkov V.A., Tarzhmanova R.Sh.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article examines advanced organizational development based on a model for managing innovative potential growth. The article notes that, due to the highly dynamic market, increasingly stringent consumer preferences, and the introduction of modern digital technologies, advanced development is currently determined by two factors: the scale and quality of national investments in innovative potential and the effectiveness of organizational models that translate these investments into sustainable growth. A key strength of the article is the author's formulation of the law of innovative potential development, which states that innovative potential development is determined by the marginal effectiveness of an organization's unique competencies, which create the conditions for its growth in new market niches. This subsequently facilitates the creation of highly competitive, knowledge-intensive products, ensuring the continuity of the innovation cycle and the sustainable development of the organization. In conclusion, the authors conclude that the application of the innovation capacity building model accelerates the generation and implementation of innovations, improves adaptability and efficiency, supports the implementation of standardized metrics, and is scalable to corporate and national systems. It is particularly useful for resource-constrained economies.

Keywords: advanced organizational development, innovative potential, unique competencies, highly competitive science-intensive products, innovation cycle, sustainable development.

References

1. A. D. Shipkova and V. A. Shiboldenkov, “Prospects for Economic Integration of Artificial Intelligence in the Context of Technology Shocks,” 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE63962.2025.10970903.
2. A. V. Gutenev and V. A. Shiboldenkov, “An Integrated Approach to the Electronic Industry Diversification Problems,” 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/REEPE60449.2024.10479892.
3. Chursin A., Boginsky A., Drogovoz P., Shiboldenkov V., Chupina Z. Development of a Mechanism for Assessing Mutual Structural Relations for Im-port Substitution of High-Tech Transfer in Life Cycle Management of Fundamentally New Products // Sustainability. 2024. V. 16. no. 5. P. 1912. DOI: https://doi.org/10.3390/su16051912
4. E. V. Zueva, M. T. Chobitko and V. A. Shiboldenkov, “Classification Types Recommendations for the Innovation Projects Management,” 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engi-neering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 01-06, doi: 10.1109/REEPE63962.2025.10971052.
5. Fedorova E., Drogovoz P., Popova A., Shiboldenkov V. Impact of R&D, patents and innovations disclosure on market capitalization: Russian evidence // Kybernetes. 2022. Vol. 52 No. 12, pp. 6078-6106. DOI: https://doi.org/10.1108/K-08-2021-0760
6. Shiboldenkov V.A. Overview of Technological Forecasting and Assess-ment of the Life Cycle Results of the Technological Innovation Market // Ecological Footprint of the Modern Economy and the Ways to Reduce It: The Role of Leading Technologies and Responsible Innovations. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 227-234. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49711-7_39
7. Z. Yan and V. A. Shiboldenkov, "Sustainable Development Technologies Research Issue of the Modern Fuel-Energy Industry," 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE60449.2024.10479928.
8. Chursin A.A. Competitiveness Management in Ensuring National Technological Security Moscow: Economica, 2024. – 543 p.
9. Marchenko R.A., Tarzhmanova R.Sh. Assessment of the Technical and Technological Level of a High-Tech Science-Intensive Organization // Horizons of Economics. – 2024. – No. 2 (82). – P. 25-30.
10. Okatyev N.A., Chursin A.A., Tarzhmanova R.Sh. Improving tools for developing radically new competencies // Horizons of Economics. – 2023. – No. 6 (79). – P. 84-90.

Цифровизация оценки образовательных результатов: инновационные решения и возможности формирования баз данных успеваемости

Титов Вадим Евгеньевич
старший преподаватель кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, vadimtitov460@gmail.com

В статье рассматривается цифровизация оценки образовательных результатов как направление развития современной образовательной среды и инструмент повышения качества педагогического контроля. Обосновывается, что цифровые средства оценивания не должны ограничиваться автоматизированной фиксацией отметок, поскольку их более значимый потенциал связан с формированием баз данных успеваемости. Такие базы позволяют аккумулировать сведения об обучающихся, учебных группах, дисциплинах, заданиях, критериях оценивания, полученных баллах, количестве попыток, сроках выполнения и типичных ошибках. Показано, что накопление структурированных образовательных данных создает основу для мониторинга качества обучения, выявления образовательных дефицитов, индивидуализации обратной связи и поддержки управленческих решений. Особое внимание уделяется аналитическим возможностям цифровой системы оценивания, а также ограничениям, связанным с качеством данных, риском формализации и необходимостью педагогической интерпретации результатов.
Ключевые слова: цифровизация образования, образовательные результаты, цифровое оценивание, база данных успеваемости, образовательная аналитика, learning analytics, мониторинг качества обучения, академическая успеваемость.

Введение

Цифровая трансформация образования затрагивает не только формы организации учебного процесса, но и механизмы контроля, фиксации и анализа образовательных результатов. В условиях распространения электронных образовательных платформ, систем дистанционного обучения, цифровых журналов и автоматизированных средств проверки заданий оценивание постепенно выходит за пределы традиционной процедуры выставления отметки. Оно начинает рассматриваться как процесс сбора, структурирования и интерпретации данных, характеризующих ход и результаты обучения.

В традиционной модели оценка чаще всего выступает итогом выполнения конкретного задания. Преподаватель фиксирует балл, отметку или зачетный статус, после чего результат используется преимущественно для текущего или итогового контроля. Однако такая модель не всегда позволяет выявить динамику образовательного прогресса, установить причины затруднений, сопоставить результаты разных групп или определить эффективность используемых педагогических решений. В цифровой среде оценка может быть включена в более широкую систему данных, отражающих не только факт достижения результата, но и условия его формирования [1, 2].

В зарубежной научной литературе данная проблематика активно развивается в рамках концепции learning analytics, ориентированной на сбор, анализ и использование данных об обучающихся и образовательном контексте для повышения качества обучения [1, 3]. При этом исследователи подчеркивают, что образовательная аналитика имеет смысл не как самостоятельное накопление цифровых следов, а как инструмент поддержки педагогических решений, обратной связи и проектирования образовательного процесса [2, 4].

Для российской образовательной практики особое значение приобретает формирование баз данных успеваемости. Такие базы позволяют перейти от разрозненного хранения оценок к системному накоплению информации об образовательных результатах. В них могут фиксироваться сведения о студенте, учебной группе, дисциплине, задании, критериях оценивания, количестве попыток, сроках выполнения, итоговом балле и характере ошибок [7, 8]. В результате цифровизация оценки становится не только техническим решением, но и условием формирования информационно-аналитической основы управления качеством образования.

Цель статьи — рассмотреть цифровизацию оценки образовательных результатов как процесс создания базы данных успеваемости, обеспечивающей фиксацию, накопление и анализ данных, необходимых для мониторинга качества обучения и принятия педагогически обоснованных решений.

Цифровизация оценивания как изменение логики педагогического контроля

Оценивание образовательных результатов традиционно выполняет несколько функций: контрольную, диагностическую, мотивационную, корректирующую и управленческую. Контрольная функция связана с установлением уровня освоения учебного материала, диагностическая — с выявлением затруднений, мотивационная — с поддержанием учебной активности, корректирующая — с изменением содержания или методов обучения, управленческая — с принятием решений на уровне преподавателя, кафедры или образовательной организации.

В условиях цифровизации эти функции получают новое технологическое и аналитическое обеспечение. Если ранее значительная часть информации о процессе выполнения заданий оставалась вне системы учета, то цифровые инструменты позволяют фиксировать более широкий круг параметров. Это могут быть дата сдачи работы, количество попыток, время выполнения, критерии проверки, динамика результата, комментарии преподавателя и типичные ошибки. Таким образом, объектом анализа становится не только итоговый балл, но и процесс достижения образовательного результата.

Принципиально важно различать простую электронную фиксацию оценки и цифровую аналитику образовательных результатов. Электронная фиксация предполагает перенос отметки в цифровую форму. Образовательная аналитика, напротив, ориентирована на выявление закономерностей, связей и тенденций в данных об обучении [3, 5]. Например,

система может показать, что снижение успеваемости связано не с отдельным студентом, а с конкретной темой, типом задания или недостаточно ясными критериями оценивания.

Цифровизация оценивания изменяет и роль преподавателя. Преподаватель перестает быть только субъектом выставления оценки и становится интерпретатором образовательных данных. При этом сама цифровая система не заменяет педагогическое суждение. Она предоставляет информацию, но выводы о причинах образовательных затруднений требуют учета контекста: уровня подготовки студентов, сложности учебного материала, особенностей задания, сроков выполнения и организационных условий обучения [2, 6].

Следовательно, цифровизация оценки образовательных результатов должна пониматься не как механическая замена бумажной ведомости электронной таблицей, а как изменение логики педагогического контроля. Оценка превращается из единичного результата в элемент информационной системы, позволяющей анализировать обучение в динамике и принимать более обоснованные решения.

База данных успеваемости как основа анализа образовательных результатов

Центральным элементом цифровой системы оценивания является база данных успеваемости. В отличие от электронного журнала, ориентированного преимущественно на хранение итоговых отметок, база данных успеваемости должна обеспечивать накопление структурированной информации, пригодной для последующего анализа. Ее назначение состоит не только в учете результатов, но и в создании условий для диагностики образовательных дефицитов, мониторинга динамики и поддержки обратной связи.

Логика цифровизации оценки образовательных результатов может быть представлена как последовательный переход от учебного задания к его выполнению, цифровой фиксации результата, формированию базы данных успеваемости, аналитической обработке данных и последующему принятию педагогических и управленческих решений. Данная последовательность представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 — Модель формирования базы данных успеваемости в цифровой системе оценивания

Как видно из рисунка 1, база данных успеваемости занимает центральное место в цифровой системе оценивания. Она связывает отдельные образовательные результаты с процедурами их аналитической обработки. Благодаря этому цифровая оценка перестает быть только способом фиксации балла и становится источником информации для выявления образовательных дефицитов, анализа динамики обучения и корректировки педагогических решений.

Структура такой базы должна быть достаточно полной, чтобы отражать основные параметры образовательного процесса, но при этом не чрезмерно сложной. Избыточное количество полей может затруднить работу преподавателя и привести к формальному заполнению системы. Поэтому при проектировании базы данных важно выделить именно те показатели, которые имеют аналитическое и педагогическое значение.

Таблица 1

Структура базы данных успеваемости в цифровой системе оценивания

Элемент базы данных	Содержание данных	Аналитическое назначение
Обучающийся и учебная группа	ФИО или идентификатор студента, группа, направление подготовки, форма обучения	Анализ индивидуальных результатов, сравнение групп, выявление студентов, нуждающихся в поддержке
Дисциплина и учебная тема	Название дисциплины, раздел, тема, модуль, преподаватель	Анализ результатов по содержательным блокам курса и выявление трудных тем
Учебное задание	Вид работы, уровень сложности, дата выдачи, срок сдачи, максимальный балл	Оценка регулярности выполнения заданий, сопоставление результатов по видам работ
Критерии оценивания	Показатели проверки, шкала баллов, вес отдельных критериев, требования к выполнению	Повышение прозрачности оценки и выявление недостаточно сформированных компонентов результата
Результат выполнения	Полученный балл, процент выполнения, статус работы, дата проверки	Текущий мониторинг успеваемости, расчет средних показателей, выявление динамики обучения
Попытки и доработка	Количество отправок, дата повторной сдачи, изменение результата после исправлений	Учет процесса продвижения студента, анализа самостоятельной работы и реакции на обратную связь
Ошибки и комментарии	Типичные ошибки, замечания преподавателя, рекомендации по исправлению	Диагностика образовательных дефицитов и формирование адресной обратной связи
Сводные показатели	Средний балл, медианное значение, распределение результатов, доля невыполненных работ, группа риска	Подготовка аналитических отчетов и поддержка педагогических и управленческих решений

Источник: составлено автором.

Представленная структура показывает, что база данных успеваемости должна выполнять несколько взаимосвязанных функций. Во-первых, она обеспечивает учетную функцию, поскольку позволяет фиксировать результаты студентов в едином цифровом пространстве. Во-вторых, она выполняет диагностическую функцию, так как дает возможность выявлять не только низкие баллы, но и причины образовательных затруднений. В-третьих, она имеет аналитическую функцию, поскольку позволяет обрабатывать накопленные данные и представлять их в виде отчетов, таблиц, рейтингов и визуальных панелей.

Особое значение имеет фиксация не только результата, но и условий его получения. Один и тот же балл может иметь различное педагогическое значение. Например, студент, получивший средний балл с первой попытки, и студент, достигший такого же результата после нескольких доработок, демонстрируют разные образовательные траектории. Поэтому количество попыток, сроки сдачи и изменение результата после исправлений являются важными аналитическими признаками.

База данных успеваемости также позволяет анализировать результаты на разных уровнях. На индивидуальном уровне она отражает динамику конкретного студента. На групповом уровне — показывает распределение результатов и общие затруднения. На уровне дисциплины — помогает оценивать сложность тем и заданий. На уровне образовательной организации — может использоваться для мониторинга качества обучения и принятия управленческих решений [7, 8].

Таким образом, база данных успеваемости становится не вспомогательным техническим элементом, а основой цифровой системы оценивания. Ее значение состоит в том, что она обеспечивает переход от простого хранения отметок к содержательному анализу образовательных результатов.

Инновационные возможности и ограничения цифровой системы оценивания

Инновационный потенциал цифровой системы оценивания заключается в объединении нескольких процессов: проверки учебных работ, фиксации результатов, накопления данных, аналитической обработки, визуализации и формирования обратной связи. В традиционной модели эти процессы часто реализуются разрозненно. Преподаватель проверяет работу, выставляет балл, заносит его в журнал, а затем при необходимости вручную анализирует результаты. Цифровая система позволяет выстроить эти действия как единую информационную цепочку.

Одной из наиболее очевидных возможностей является автоматизация рутинных процедур. Система может автоматически связывать работу с конкретным студентом и учебной группой, фиксировать дату сдачи, рассчитывать процент выполнения, сохранять результат и формировать сводные таблицы. Это снижает вероятность технических ошибок и освобождает время преподавателя для содержательного анализа результатов.

Вторая возможность связана с повышением качества обратной связи. Если цифровая система фиксирует не только балл, но и комментарии преподавателя, типичные ошибки и рекомендации, оценивание приобретает обучающий характер. Студент получает информацию не только о том, насколько успешно выполнено задание, но и о том, какие элементы требуют доработки. Это особенно важно для письменных, расчетных, проектных и практико-ориентированных заданий.

Третья возможность состоит в визуализации образовательных данных. Таблицы, диаграммы, дашборды и аналитические отчеты позволяют быстрее выявлять проблемные зоны: темы с низкими результатами, задания с высокой долей ошибок, студентов с риском академической неуспеваемости, группы с нестабильной динамикой. В зарубежных исследованиях визуализация и интерпретация данных рассматриваются как важные компоненты learning analytics, поскольку они помогают преподавателю принимать решения на основе более полной информации [3, 4].

Четвертая возможность связана с прогнозированием академических рисков. При накоплении достаточного массива данных цифровая система может использоваться для выявления студентов, у которых наблюдаются признаки возможного снижения успеваемости: систематические пропуски сроков, уменьшение баллов, большое количество повторных попыток, невыполнение отдельных типов заданий. Исследования в области анализа образовательных данных показывают, что такие подходы могут использоваться для раннего обнаружения учебных затруднений и организации своевременной поддержки [5, 6].

Однако цифровизация оценивания имеет и ряд ограничений. Первое ограничение связано с риском формализации. Если система фиксирует только баллы, но не отражает содержание ошибок, критерии оценивания и индивидуальную динамику, то она превращается в электронную ведомость. В этом случае цифровизация не усиливает педагогический анализ, а лишь ускоряет учет.

Второе ограничение связано с качеством данных. Неполные записи, неодинаковые критерии оценивания, технические ошибки и несогласованность форматов могут привести к искаженным аналитическим выводам. Поэтому цифровая система должна сопровождаться методическими правилами: едиными шкалами, понятными критериями, регламентом заполнения базы и процедурами проверки корректности данных.

Третье ограничение связано с необходимостью педагогической интерпретации. Алгоритм может выявить снижение результата, но не способен самостоятельно определить его причины. Низкая успеваемость может быть обусловлена недостаточной подготовкой студента, сложностью темы, неудачной формулировкой задания, внешними обстоятельствами или организационными условиями обучения. Поэтому цифровая аналитика должна рассматриваться как инструмент поддержки, а не как автономный механизм принятия решений [2, 10].

Четвертое ограничение касается этики и защиты персональных данных. База успеваемости содержит персонализированную информацию об обучающихся, поэтому необходимы разграничение прав доступа, защита данных и недопущение некорректного использования аналитических показателей. Особенно осторожно следует применять категории типа «группа риска», поскольку они могут привести к стигматизации студентов при неправильной интерпретации.

Следовательно, инновационность цифровой системы оценивания определяется не только техническими возможностями, но и качеством ее педагогического применения. Наиболее перспективной является такая модель, при которой цифровая система обеспечивает сбор, хранение и первичную обработку данных, а преподаватель осуществляет содержательную интерпретацию результатов и принимает решения с учетом образовательного контекста.

Для древесных материалов наиболее существенными оказываются изменение цвета, рост шероховатости, карбонизация и общая термическая модификация поверхностного слоя. Именно поэтому при работе с древесиной особенно важен выбор параметров обработки. Повышение мощности обычно усиливает тепловое воздействие и способствует росту шероховатости, тогда как увеличение скорости перемещения луча и шага между проходами позволяет сделать процесс более мягким и контролируемым [5, 6].

Заключение

Цифровизация оценки образовательных результатов является важным направлением развития современной образовательной среды. Ее значение состоит не только в автоматизации проверки заданий и фиксации баллов, но и в создании структурированной базы данных успеваемости, позволяющей анализировать результаты обучения в динамике и контексте учебной деятельности.

База данных успеваемости обеспечивает переход от фрагментарного контроля к системному мониторингу качества обучения. Она позволяет фиксировать сведения об обучающемся, учебной группе, дисциплине, задании, критериях оценивания, полученном балле, количестве попыток, сроках выполнения и типичных ошибках. На основе этих данных преподаватель может выявлять образовательные дефициты, отслеживать индивидуальный прогресс, сравнивать результаты групп и корректировать содержание учебного процесса.

Инновационные возможности цифрового оценивания связаны с автоматизацией учета, развитием обратной связи, визуализацией образовательных данных, прогнозированием академических рисков и поддержкой управленческих решений. Однако эти возможности реализуются только при условии методически продуманного проектирования системы. Цифровая оценка не должна сводиться к механическому накоплению баллов; ее задача заключается в создании информационной основы для педагогического анализа.

Таким образом, цифровая система оценивания должна рассматриваться как инструмент информационно-аналитической поддержки преподавателя. Она не заменяет педагогическое суждение, а расширяет его возможности за счет более полного, структурированного и наглядного представления данных об образовательных результатах. Перспективным направлением дальнейшего развития является интеграция баз данных успеваемости с инструментами образовательной аналитики, визуализации и персонализированной обратной связи.

Литература

1. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. — 2013. — Vol. 57, No. 10. — P. 1380–1400.
2. Gašević D., Dawson S., Siemens G. Let's Not Forget: Learning Analytics Are About Learning // TechTrends. — 2015. — Vol. 59, No. 1. — P. 64–71.
3. Viberg O., Hatakka M., Bälter O., Mavroudi A. The Current Landscape of Learning Analytics in Higher Education // Computers in Human Behavior. — 2018. — Vol. 89. — P. 98–110.
4. Ifenthaler D., Yau J. Y.-K. Utilising Learning Analytics to Support Study Success in Higher Education: A Systematic Review // Educational Technology Research and Development. — 2020. — Vol. 68. — P. 1961–1990.
5. Namoun A., Alshanqiti A. Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review // Applied Sciences. — 2021. — Vol. 11, No. 1. — Article 237.
6. Hernández-Campos M., Gonzalez-Torres A., García-Peñalvo F. J. Learning Outcomes Evaluation Through Learning Analytics Systems in Higher Education: A Systematic Literature Review // SAGE Open. — 2025. — Vol. 15, No. 3.
7. Токтарова В. И., Попова О. Г. Анализ образовательных данных взаимосвязи успешности обучения и поведения студентов в цифровой образовательной среде вуза // Информатика и образование. — 2022. — Т. 37, № 4. — С. 54–63.
8. Шухман А. Е., Парфенов Д. И., Легашев Л. В., Гришина Л. С. Анализ и прогнозирование успеваемости обучающихся при использовании цифровой образовательной среды // Высшее образование в России. — 2021. — Т. 30, № 8–9. — С. 125–133.
9. Тархов С. В., Тархова Л. М. Цифровые технологии анализа и оценивания уровня образовательных результатов обучающихся // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2022. — Т. 26, № 4. — С. 72–87.
10. Грачева Е. И., Тютькова И. А. Влияние цифровой среды на академическую успеваемость студентов // Московский педагогический журнал. — 2024. — № 3. — С. 150–163.

Digitalization of Educational Outcomes Assessment: Innovative Solutions and Opportunities for Developing Academic Performance Databases

Titov V.E.

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines the digitalization of educational outcomes assessment as a direction in the development of the modern educational environment and as a tool for improving the quality of pedagogical control. It is substantiated that digital assessment tools should not

be limited to the automated recording of grades, since their more significant potential is associated with the development of academic performance databases. Such databases make it possible to accumulate information about students, study groups, academic disciplines, assignments, assessment criteria, scores, number of attempts, submission deadlines, and typical errors. The article shows that the accumulation of structured educational data creates a basis for monitoring the quality of learning, identifying educational deficits, individualizing feedback, and supporting managerial decision-making. Particular attention is paid to the analytical capabilities of digital assessment systems, as well as to limitations related to data quality, the risk of formalization, and the need for pedagogical interpretation of results.
Keywords: digitalization of education, educational outcomes, digital assessment, academic performance database, educational analytics, learning analytics, learning quality monitoring, academic performance.

References

1. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. — 2013. — Vol. 57, No. 10. — P. 1380–1400.
2. Gašević D., Dawson S., Siemens G. Let's Not Forget: Learning Analytics Are About Learning // TechTrends. — 2015. — Vol. 59, No. 1. — P. 64–71.
3. Viberg O., Hatakka M., Bälter O., Mavroudi A. The Current Landscape of Learning Analytics in Higher Education // Computers in Human Behavior. — 2018. — Vol. 89. — P. 98–110.
4. Ifenthaler D., Yau J. Y.-K. Utilising Learning Analytics to Support Study Success in Higher Education: A Systematic Review // Educational Technology Research and Development. — 2020. — Vol. 68. — P. 1961–1990.
5. Namoun A., Alshanqiti A. Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review // Applied Sciences. — 2021. — Vol. 11, No. 1. — Article 237.
6. Hernández-Campos M., Gonzalez-Torres A., García-Peñalvo F. J. Learning Outcomes Evaluation Through Learning Analytics Systems in Higher Education: A Systematic Literature Review // SAGE Open. — 2025. — Vol. 15, No. 3.
7. Toktarova V. I., Popova O. G. Analiz obrazovatelnykh dannykh vzaimosvyazi uspeshnosti obucheniya i povedeniya studentov v tsifrovoy obrazovatelnoy srede vuza // Informatika i obrazovanie. — 2022. — Vol. 37, No. 4. — P. 54–63.
8. Shukhman A. E., Parfenov D. I., Legashev L. V., Grishina L. S. Analiz i prognozirovanie uspevaemosti obuchayushchikhsya pri ispolzovanii tsifrovoy obrazovatelnoy sredy // Vysshee obrazovanie v Rossii. — 2021. — Vol. 30, No. 8–9. — P. 125–133.
9. Tarkhov S. V., Tarkhova L. M. Tsifrovye tekhnologii analiza i otsenivaniya urovnya obrazovatelnykh rezultatov obuchayushchikhsya // Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. — 2022. — Vol. 26, No. 4. — P. 72–87.
10. Gracheva E. I., Tyutkova I. A. Vliyanie tsifrovoy sredy na akademicheskuyu uspevaemost studentov // Moskovskiy pedagogicheskiy zhurnal. — 2024. — No. 3. — P. 150–163.

Повышение эффективности деятельности компаний на основе внедрения инновационных управленческих решений

Хайдар Фаузи
аспирант, fawzi.haidar.fh@gmail.com,

Семенова Юлия Евгеньевна
кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и управления, Российский государственный гидрометеорологический университет, semenjulia69@mail.ru)

В статье рассматривается проблема повышения эффективности деятельности компаний посредством внедрения инновационных управленческих решений. Обосновывается, что в современных условиях эффективность организации не может рассматриваться только как результат технологического обновления или роста объема ресурсов. Существенное значение приобретают решения, изменяющие логику планирования, координации, контроля, распределения ответственности, управления знаниями и оценки результатов. Цель исследования заключается в разработке обобщенного подхода к внедрению инновационных управленческих решений как инструмента повышения эффективности деятельности компаний. В работе использованы сравнительный, аналитический и системный подходы, а также материалы научных публикаций по вопросам организационно-управленческих инноваций, цифровой трансформации, реинжиниринга бизнес-процессов и оценки эффективности. Показано, что инновационные управленческие решения способны создавать эффект не только через сокращение затрат, но и через повышение скорости принятия решений, улучшение межфункционального взаимодействия, снижение управленческих рисков, развитие инновационного потенциала и усиление адаптивности компании. Предложена классификация инновационных управленческих решений по сфере влияния и разработан поэтапный алгоритм их внедрения, включающий диагностику управленческих ограничений, выбор портфеля решений, пилотную апробацию, масштабирование и последующую оценку результата. Особое внимание уделено необходимости согласования управленческих нововведений с организационной структурой, кадровыми компетенциями, цифровой инфраструктурой и стратегическими целями компании. Сделан вывод, что внедрение инновационных управленческих решений должно осуществляться не как разовая модернизация отдельных процедур, а как управляемый процесс организационного развития, ориентированный на достижение измеримых экономических и управленческих результатов.

Ключевые слова: эффективность, компания, инновационные управленческие решения, организационно-управленческие инновации, цифровая трансформация, бизнес-процессы.

Повышение эффективности деятельности компаний относится к числу ключевых задач современного менеджмента. При этом само содержание эффективности становится более сложным. Если ранее она нередко связывалась преимущественно с ростом прибыли, снижением издержек и увеличением производительности труда, то сегодня эффективность включает также скорость реакции на внешние изменения, качество управленческой информации, устойчивость бизнес-процессов, способность к инновациям и результативность взаимодействия подразделений. В таких условиях традиционные административные инструменты управления оказываются недостаточными, поскольку они не всегда позволяют быстро перестраивать организационные процессы и принимать обоснованные решения в условиях неопределенности.

Особое значение приобретают инновационные управленческие решения, которые направлены не только на выбор конкретного варианта действий, но и на изменение самого механизма управления компанией. К таким решениям можно отнести внедрение цифровых платформ управления, реинжиниринг бизнес-процессов, переход к проектным и гибким форматам организации труда, развитие систем управленческой аналитики, формирование центров ответственности, использование сбалансированных показателей и методов управления знаниями. В отличие от текущих управленческих действий, инновационные решения имеют преобразующий характер: они меняют структуру координации, информационные потоки, критерии оценки и распределение управленческих полномочий.

Проблематика организационно-управленческих инноваций занимает значительное место в современных исследованиях. М. А. Омельченко указывает на необходимость рассматривать управленческие инновации как самостоятельную область инновационного развития, связанную с изменением методов, технологий и организационных форм управления [4, с. 154]. Н. М. Тюкавкин рассматривает организационно-управленческие инновации в связи с оценкой их эффективности и подчеркивает, что они способны повышать результативность всей системы деятельности предприятия [6, с. 107]. В. А. Васяйчева акцентирует внимание на цифровой платформе управления инновационной деятельностью как инструменте повышения качества информационного взаимодействия [2, с. 190].

В современных условиях инновационные управленческие решения становятся особенно актуальными по нескольким причинам. Во-первых, возрастает нестабильность рынков, что требует от компаний более короткого цикла управленческого реагирования. Во-вторых, усложняются производственные и сервисные цепочки, а значит, повышается значение межфункциональной координации. В-третьих, цифровизация создает новые массивы данных, но их экономическая ценность возникает только при наличии управленческих механизмов анализа и использования. В-четвертых, повышение эффективности все чаще связано не с прямым расширением ресурсов, а с более рациональной организацией имеющегося потенциала.

Данные Федеральной службы государственной статистики показывают, что за 2019-2024 годы уровень инновационной активности организаций Российской Федерации вырос с 9,1% до 12,5%. Несмотря на положительную динамику, данный показатель свидетельствует о наличии значительных резервов для расширения инновационной деятельности и повышения качества управления инновационными процессами [8]. Динамика представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Динамика уровня инновационной активности организаций Российской Федерации

Сама по себе инновационная активность еще не гарантирует роста эффективности. Компания может осуществлять технологические или продуктовые изменения, но при этом сохранять устаревшие процедуры согласования, неэффективные каналы коммуникации и слабую систему контроля результата. В таких случаях управленческое звено становится ограничителем инновационного эффекта. Следовательно, необходима связка технологических, организационных и управленческих преобразований, в рамках которой инновационное управленческое решение выступает механизмом превращения потенциальных возможностей в измеримый результат.

Цель данного исследования заключается в разработке обобщенного подхода к внедрению инновационных управленческих решений для повышения эффективности деятельности компаний. Для достижения указанной цели решаются следующие задачи: определить содержание инновационных управленческих решений; выявить основные направления их влияния на эффективность; предложить классификацию таких решений; сформировать алгоритм внедрения и оценки результата; определить риски, препятствующие достижению ожидаемого эффекта.

Методологической основой исследования выступили сравнительный, аналитический и системный подходы. Сравнительный подход позволил сопоставить различные трактовки управленческих инноваций и цифровых инструментов управления. Аналитический подход использован при выявлении факторов, влияющих на эффективность компании. Системный подход применен для рассмотрения инновационного управленческого решения как элемента, связанного со стратегией, организационной структурой, человеческим капиталом, информационной инфраструктурой и системой контроля.

Теоретическая значимость исследования заключается в уточнении роли инновационных управленческих решений в системе факторов эффективности компании. Практическая значимость состоит в том, что предложенный алгоритм может использоваться компаниями при подготовке проектов организационного развития, цифровизации управления и совершенствования бизнес-процессов. Полученные результаты могут быть применены также в учебном процессе при рассмотрении вопросов инновационного менеджмента, стратегического управления и организационного проектирования.

Инновационное управленческое решение целесообразно рассматривать как обоснованный выбор нового или существенно усовершенствованного способа управления, который изменяет порядок принятия решений, координации ресурсов, контроля выполнения задач или оценки результатов деятельности. Его отличие от обычного управленческого решения состоит в наличии преобразующего эффекта. Оно не только отвечает на текущую проблему, но и формирует новую управленческую практику, которая способна многократно воспроизводить положительный результат.

По характеру влияния на эффективность инновационные управленческие решения можно разделить на несколько групп. Первая группа связана с процессной эффективностью и направлена на сокращение длительности операций, устранение дублирования функций, повышение прозрачности маршрутов согласования. Вторая группа связана с информационной эффективностью и направлена на повышение качества данных для принятия решений. Третья группа относится к кадрово-компетентностной эффективности и предполагает развитие новых управленческих и цифровых компетенций персонала. Четвертая группа связана со стратегической эффективностью, поскольку обеспечивает согласование текущих действий с долгосрочными целями компании.

Таблица 1

Основные виды инновационных управленческих решений и ожидаемые эффекты их внедрения

Вид решения	Сфера управленческого воздействия	Ожидаемый эффект для компании
Реинжиниринг бизнес-процессов	Пересмотр последовательности операций, полномочий и ответственности подразделений	Сокращение длительности управленческого цикла, снижение затрат на согласования, устранение дублирующих функций
Цифровая платформа управления	Информационное взаимодействие, сбор и обработка управленческих данных	Повышение прозрачности процессов, ускорение обмена информацией, усиление контроля исполнения
Проектное и гибкое управление	Организация инновационных проектов и межфункциональных команд	Рост адаптивности, снижение риска задержек, повышение ответственности участников проекта
Система ключевых показателей и сбалансированная оценка	Планирование, контроль и мотивация персонала	Связь текущих операций со стратегическими целями, повышение управляемости результата
Управление знаниями и корпоративным обучением	Накопление, передача и применение организационного опыта	Снижение зависимости от отдельных сотрудников, ускорение внедрения новых практик

Представленная классификация показывает, что инновационные управленческие решения не сводятся только к цифровизации. Цифровые инструменты являются важным, но не единственным элементом. Если внедрение цифровой системы происходит без изменения регламентов, ответственности и критериев оценки, то компания получает автоматизацию существующей неэффективности. Поэтому внедрение должно начинаться не с выбора программного продукта, а с диагностики управленческих ограничений и определения того, какой именно эффект должен быть получен.

Реинжиниринг бизнес-процессов выступает одним из наиболее значимых направлений управленческих инноваций. А. О. Блинов и Г. А. Яшева рассматривают реинжиниринг как методологический инструмент процессного управления, способный повысить эффективность деятельности предприятий и промышленных комплексов [1, с. 147]. Практическое значение данного подхода состоит в том, что он не ограничивается косметическим улучшением отдельных операций, а предполагает пересмотр логики процесса с позиции конечной ценности для потребителя и организации.

Цифровая трансформация также тесно связана с инновационными управленческими решениями. Е. П. Кочетков, А. А. Забавина и М. Г. Гафаров рассматривают цифровую трансформацию компаний как инструмент антикризисного управления и эмпирически оценивают ее влияние на эффективность [3, с. 68]. Однако цифровая трансформация эффективна только тогда, когда она меняет управленческую архитектуру: сокращает информационные разрывы, улучшает аналитику, делает контроль более оперативным и позволяет руководству принимать решения на основе фактических данных.

Для повышения эффективности компании важно определить не только тип внедряемого решения, но и объект управленческого воздействия. Ошибка на данном этапе приводит к тому, что ресурсы направляются на модернизацию второстепенного участка, тогда как ключевое ограничение остается неизменным. Например, внедрение системы электронного документооборота может не дать значимого эффекта, если причины задержек связаны не с передачей документов, а с чрезмерным количеством уровней согласования. Поэтому диагностика должна включать анализ процессов, организационной структуры, компетенций и цифровой зрелости.

Эффективность инновационного управленческого решения может быть оценена через систему взаимосвязанных показателей. Финансовые показатели отражают изменение затрат, выручки, прибыли и рентабельности. Процессные показатели характеризуют длительность операций, количество ошибок, скорость согласования и уровень загрузки ресурсов. Организационные показатели показывают качество взаимодействия подразделений, ясность ответственности и управляемость проектов. Кадровые показатели отражают вовлеченность сотрудников, развитие компетенций и снижение сопротивления изменениям. Такой подход позволяет избежать односторонней оценки, при которой управленческое решение признается эффективным только по краткосрочному финансовому результату.

Таблица 2

Алгоритм внедрения инновационных управленческих решений в компании

Этап	Содержание работ	Ключевой результат
Диагностика управленческих ограничений	Анализ процессов, организационной структуры, информационных потоков, компетенций и фактических результатов	Выявлены узкие места, определены причины снижения эффективности
Выбор портфеля управленческих решений	Сопоставление возможных решений с целями компании, ресурсами и рисками внедрения	Сформирован набор приоритетных решений и критерии оценки эффекта
Пилотная апробация	Проверка решения на ограниченном участке или в отдельной проектной команде	Получены данные о применимости решения и необходимых корректировках
Масштабирование	Распространение решения на другие подразделения, настройка регламентов, обучение сотрудников	Решение встроено в систему управления компании
Оценка и корректировка	Сравнение фактических показателей с целевыми, анализ отклонений и управленческих рисков	Подтвержден или скорректирован эффект внедрения

Внедрение инновационных управленческих решений целесообразно строить как последовательный процесс. На первом этапе проводится диагностика текущего состояния системы управления. На втором этапе формируется портфель возможных решений и выбираются приоритеты.

На третьем этапе проводится пилотная апробация, позволяющая проверить гипотезу эффективности в ограниченном масштабе. На четвертом этапе осуществляется масштабирование решения. На пятом этапе проводится оценка результата и корректировка управленческой модели. Логика такого процесса представлена в таблице 2.

Предложенный алгоритм позволяет рассматривать внедрение инновационного управленческого решения как управляемый проект, а не как набор отдельных мероприятий. На каждом этапе должны быть определены ответственные лица, ресурсы, сроки и показатели результата. При этом особое значение имеет пилотная апробация. Она позволяет снизить риск масштабирования неэффективного решения и выявить скрытые организационные проблемы, которые не всегда обнаруживаются на стадии теоретического проектирования.

Одним из наиболее частых препятствий является сопротивление персонала. Управленческое нововведение затрагивает привычные способы работы, полномочия и порядок взаимодействия. Если сотрудники не понимают цели изменений или воспринимают их как угрозу, то даже технически корректное решение может быть реализовано формально. Поэтому внедрение должно сопровождаться коммуникацией, обучением, объяснением выгод и созданием механизмов обратной связи. Управленческая инновация должна быть понятна не только высшему руководству, но и тем сотрудникам, которые ежедневно используют новые процедуры.

Второе препятствие связано с несоответствием решения организационной структуре. Например, проектное управление может быть малоэффективным в компании, где сохраняется жесткая функциональная иерархия и отсутствует механизм межфункционального взаимодействия. В этом случае внедрение проектных методик требует не только обучения сотрудников, но и изменения распределения полномочий, статуса руководителей проектов и порядка принятия решений. Иначе инновационная форма управления будет существовать только документально.

Третье препятствие заключается в недостаточном качестве управленческих данных. Цифровые панели, аналитические системы и автоматизированные отчеты не создают ценности, если исходные данные неполны, противоречивы или собираются с большим запозданием. Поэтому перед внедрением цифровых управленческих решений важно провести аудит данных: определить их источники, владельцев, периодичность обновления, правила верификации и связь с управленческими показателями. Только после этого цифровой инструмент может стать реальной основой повышения эффективности.

Четвертое препятствие связано с отсутствием системы оценки результата. Нередко компании внедряют новые управленческие технологии, но не фиксируют исходное состояние и не определяют целевые значения показателей. В результате невозможно доказать, какой именно эффект получен и какие факторы на него повлияли. Для устранения данной проблемы необходимо использовать принцип измеримости: до начала внедрения должны быть определены базовые показатели, целевые значения, период оценки и допустимые отклонения.

Инновационные управленческие решения могут воздействовать на эффективность компании по нескольким каналам. Прямой экономический эффект проявляется в снижении затрат, сокращении потерь времени и повышении производительности. Косвенный экономический эффект связан с улучшением качества решений, снижением рисков и повышением устойчивости. Организационный эффект выражается в улучшении координации, прозрачности ответственности и управляемости процессов. Стратегический эффект состоит в формировании способности компании быстрее адаптироваться к изменениям внешней среды.

Для практического применения предложенного подхода компаниям целесообразно формировать карту управленческих ограничений. Такая карта должна включать проблемные процессы, причины потерь, ответственные подразделения, возможные инновационные решения и ожидаемые показатели эффекта. Карта позволяет руководству не распылять ресурсы на случайные инициативы, а направлять усилия на те управленческие зоны, где потенциальный эффект наиболее значителен. Кроме того, она облегчает коммуникацию между руководством, проектными командами и сотрудниками подразделений.

Особую роль играет связь инновационных управленческих решений со стратегией компании. Если нововведение не связано со стратегическими целями, оно может улучшить отдельный процесс, но не изменить общую результативность деятельности. Например, сокращение времени внутреннего согласования имеет смысл тогда, когда оно влияет на скорость вывода продукции на рынок, повышение качества обслуживания или снижение операционных затрат. Поэтому каждое управленческое решение должно быть соотнесено с целевыми стратегическими показателями.

Инновационные управленческие решения также важны для развития инновационного потенциала компании. Управленческая система создает условия, при которых новые идеи могут быть выявлены, оценены, профинансированы и внедрены. Если система управления не поддерживает инициативу, не фиксирует знания и не обеспечивает межфункциональное взаимодействие, инновационный потенциал остается неиспользованным. Следовательно, повышение эффективности и развитие инновационного потенциала являются взаимосвязанными процессами.

Таким образом, внедрение инновационных управленческих решений представляет собой комплексный процесс, включающий диагностику, проектирование, апробацию, масштабирование и оценку результата. Эффективность такого процесса зависит от точности определения управленческой проблемы, согласованности решения со стратегией, готовности организационной структуры, качества данных и вовлеченности персонала. При соблюдении этих условий инновационные управленческие решения становятся не только инструментом оптимизации отдельных процессов, но и фактором устойчивого повышения эффективности деятельности компании.

Ожидаемые результаты исследования достигнуты. В работе уточнено содержание инновационных управленческих решений, определены основные направления их влияния на эффективность деятельности компаний, предложена классификация и разработан алгоритм внедрения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на отраслевую конкретизацию предложенного подхода, в частности на анализ управленческих инноваций в промышленных, нефтегазовых, логистических и сервисных компаниях, где эффект от совершенствования управления может проявляться по-разному в зависимости от структуры затрат, технологической сложности и уровня цифровой зрелости.

Литература

1. Блинов, А. О. Реинжиниринг бизнес-процессов как управленческая инновация современных организаций: методологический аспект / А. О. Блинов, Г. А. Яшева // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 26. – С. 147-160.

2. Васяйчева, В. А. Моделирование цифровой платформы управления инновационной деятельностью предприятия / В. А. Васяйчева // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 190-200. – DOI 10.17072/1994-9960-2023-2-190-200.

3. Кочетков, Е. П. Цифровая трансформация компаний как инструмент антикризисного управления: эмпирическая оценка влияния на эффективность / Е. П. Кочетков, А. А. Забавина, М. Г. Гафаров // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2021. – Т. 12, № 1. – С. 68-81. – DOI 10.17747/2618-947X-2021-1-68-81.

4. Омельченко, М. А. Управленческие инновации: сущность, виды, особенности внедрения / М. А. Омельченко // Вестник университета. – 2017. – № 3. – С. 154-157.

5. Пошибаев, А. Ю. Влияние цифровых технологий на эффективность деятельности организации / А. Ю. Пошибаев // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № s5. – С. 1-14.

6. Тюкавкин, Н. М. Методические подходы к оценке эффективности организационно-управленческих инноваций / Н. М. Тюкавкин // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2022. – Т. 13, № 3. – С. 107-113. – DOI 10.18287/2542-0461-2022-13-3-107-113.

7. Дорошук, А. А. Методические подходы к разработке и внедрению организационно-управленческих инноваций / А. А. Дорошук, Е. Ю. Щёкина // Экономика: реалии времени. – 2013. – № 4(9). – С. 119-124.

8. Наука, инновации и технологии // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/statistics/science (дата обращения: 22.05.2026).

Improving the efficiency of companies through the implementation of innovative management solutions

Haidar Fawzi, Semenova Yu.E.
Russian State Hydrometeorological University

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines the problem of improving company performance through the implementation of innovative management decisions. It substantiates that under current conditions organizational efficiency cannot be interpreted solely as the outcome of technological renewal or resource expansion. Management decisions that transform planning, coordination, control, responsibility allocation, knowledge management and performance assessment become increasingly important. The purpose of the study is to develop a generalized approach to the implementation of innovative management decisions as a tool for improving company performance. The research is based on comparative, analytical and systemic approaches, as well as academic publications on organizational and managerial innovations, digital transformation, business process reengineering and efficiency assessment. It is shown that innovative management decisions generate effects not only through cost reduction, but also through faster decision-making, improved cross-functional interaction, lower managerial risks, stronger

innovation potential and greater organizational adaptability. The article proposes a classification of innovative management decisions by area of influence and develops a step-by-step implementation algorithm that includes diagnosis of managerial limitations, selection of a portfolio of decisions, pilot testing, scaling and subsequent evaluation of results. Special attention is paid to the need to coordinate management innovations with organizational structure, staff competencies, digital infrastructure and strategic goals. The conclusion is that the implementation of innovative management decisions should be organized not as a one-time modernization of separate procedures, but as a controlled process of organizational development aimed at measurable economic and managerial results.

Keywords: efficiency, company, innovative management decisions, organizational and managerial innovations, digital transformation, business processes.

References

1. Blinov, A. O. Reinzhiniring biznes-protsessov kak upravlencheskaya innovatsiya sovremennykh organizatsii: metodologicheskii aspekt / A. O. Blinov, G. A. Yasheva // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – No. 26. – S. 147-160.
2. Vasyaycheva, V. A. Modelirovanie tsifrovoi platformy upravleniya innovatsionnoi deyatelnostyu predpriyatiya / V. A. Vasyaycheva // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Ekonomika». – 2023. – T. 18, No. 2. – S. 190-200. – DOI 10.17072/1994-9960-2023-2-190-200.
3. Kochetkov, E. P. Tsifrovaya transformatsiya kompanii kak instrument antikrizisnogo upravleniya: empiricheskaya otsenka vliyaniya na effektivnost / E. P. Kochetkov, A. A. Zabavina, M. G. Gafarov // Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment. – 2021. – T. 12, No. 1. – S. 68-81. – DOI 10.17747/2618-947X-2021-1-68-81.
4. Omelchenko, M. A. Upravlencheskie innovatsii: sushchnost, vidy, osobennosti vnedreniya / M. A. Omelchenko // Vestnik universiteta. – 2017. – No. 3. – S. 154-157.
5. Poshibaev, A. Yu. Vliyanie tsifrovykh tekhnologii na effektivnost deyatelnosti organizatsii / A. Yu. Poshibaev // Vestnik evraziiskoi nauki. – 2024. – T. 16, No. s5. – S. 1-14.
6. Tyukavkin, N. M. Metodicheskie podkhody k otsenke effektivnosti organizatsionno-upravlencheskikh innovatsii / N. M. Tyukavkin // Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie. – 2022. – T. 13, No. 3. – S. 107-113. – DOI 10.18287/2542-0461-2022-13-3-107-113.
7. Doroshuk, A. A. Metodicheskie podkhody k razrabotke i vnedreniyu organizatsionno-upravlencheskikh innovatsii / A. A. Doroshuk, E. Yu. Shchekina // Ekonomika: realii vremeni. – 2013. – No. 4(9). – S. 119-124.
8. Nauka, innovatsii i tekhnologii // Federalnaya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: https://rosstat.gov.ru/statistics/science (data obrashcheniya: 22.05.2026).

Технологические инновации для углеродной нейтральности в контексте устойчивого развития промышленных предприятий

Чу Янь
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, y.c4u@yandex.ru

В статье рассматривается роль технологических инноваций в достижении углеродной нейтральности промышленных предприятий. Проведен анализ ключевых направлений декарбонизации: возобновляемые источники энергии, технологии улавливания и хранения углерода (CCUS), цифровизация производственных процессов, экономика замкнутого цикла и водородные технологии. На основе анализа международного и российского опыта выявлены преимущества и вызовы внедрения инноваций. Установлено, что интеграция цифровых решений позволяет сократить энергопотребление на 20–30%, а применение CCUS в металлургии снижает выбросы CO_2 до 90%. Сформулированы рекомендации по ускорению декарбонизации, включая увеличение финансирования НИОКР, развитие государственной поддержки и подготовку кадров.

Ключевые слова: углеродная нейтральность, технологические инновации, устойчивое развитие, декарбонизация, CCUS, возобновляемые источники энергии, цифровизация, экономика замкнутого цикла.

Введение

Глобальное изменение климата и усиление экологических требований вынуждают промышленный сектор переходить к углеродной нейтральности. Согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), промышленность является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, что обусловливает потребность во внедрении инновационных технологий для снижения углеродного следа [16].

Последние годы характеризуются активным развитием и внедрением технологических инноваций, направленных на декарбонизацию промышленных процессов. К числу таких инноваций относятся использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), технологии улавливания и хранения углерода (Carbon Capture, Utilization and Storage – CCUS), а также цифровизация производственных процессов [12]. Указанные меры способствуют не только снижению выбросов, но и повышению энергоэффективности, что выступает ключевым аспектом устойчивого развития предприятий.

Цель настоящего исследования заключается в анализе современных технологических инноваций, способствующих достижению углеродной нейтральности в промышленности, а также в оценке их влияния на устойчивое развитие промышленных предприятий. В работе комплексно рассматривается передовой стек технологий и их интеграция в производственные процессы с учетом экономических и экологических факторов. Статья направлена на выявление эффективных стратегий и практик, способных обеспечить промышленным предприятиям конкурентоспособность в условиях перехода к низкоуглеродной экономике.

Теоретические основы и методология исследования

Теоретические основы необходимости перехода к углеродной нейтральности базируются на концепциях устойчивого развития, декарбонизации национальной и глобальной экономики, а также внедрении технологических инноваций. Общепринятая концепция устойчивого развития, сформулированная в докладе Брундтландской комиссии, предполагает удовлетворение потребностей настоящего без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности [1]. В контексте современной промышленности данный тезис означает необходимость балансирования экономического роста с экологической ответственностью и социальной справедливостью.

Декарбонизация и углеродная нейтральность экономики рассматриваются как ключевые элементы устойчивого развития. Данные понятия включают снижение выбросов парниковых газов через повышение энергоэффективности, переход на возобновляемые источники энергии и внедрение технологий улавливания, хранения и повторного использования углерода [21]. Как отмечают Кузнецова А.С. и Иванов Д.М., технологические инновации играют центральную роль в достижении углеродной нейтральности [3]. Инновации включают развитие и внедрение новых технологий, способствующих снижению углеродного следа: возобновляемые источники энергии, цифровизацию производственных процессов и применение принципов экономики замкнутого цикла.

Для достижения целей исследования применялась совокупность следующих методов: анализ и обзор российских, китайских и зарубежных научных публикаций, а также отчетов международных организаций, посвященных технологическим инновациям в промышленности; сравнительный анализ технологических решений, используемых для снижения выбросов парниковых газов, с целью выявления наиболее эффективных практик.

Результаты исследования

В результате анализа роли технологических инноваций в достижении углеродной нейтральности выделено пять основных направлений: возобновляемые источники энергии; технологии улавливания и хранения углерода (CCUS); цифровизация и Индустрия 4.0; экономика замкнутого цикла; водородные технологии. Указанные направления формируют технологическую основу стратегий достижения углеродной нейтральности как для крупных промышленных предприятий, так и для государственных экономик развитых и развивающихся стран.

Интеграция ВИЭ в производственные процессы является одним из эффективнейших способов снижения углеродного следа. Использование солнечной, ветровой и гидроэнергии позволяет существенно уменьшить

зависимость от ископаемого топлива и сократить выбросы CO_2. Согласно отчету Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), внедрение солнечных панелей на промышленных предприятиях Китая привело к значительному снижению выбросов [18]. В 2023 году прирост мощностей ВИЭ достиг 473 ГВт, из которых 83% пришлось на возобновляемые источники [17]. Доля ВИЭ в мировом производстве электроэнергии в 2022 году составила 12% против 10% в 2021 году [19].

Технологии улавливания и хранения углерода (CCUS) позволяют захватывать CO_2, образующийся в процессе производства, и предотвращать его выброс в атмосферу. В исследовании Ершова Д.Н. анализируются перспективы применения CCUS в черной металлургии России, подчеркивается значимость указанных технологий для достижения углеродной нейтральности [2]. Объем мирового рынка CCUS в 2023 году составил 6,8 млрд долл. США, прогнозируемый среднегодовой темп роста (CAGR) на период 2024–2032 гг. оценивается в 19% [13]. Для достижения климатических целей к 2050 году мощности CCUS должны вырасти в 200 раз [15].

В работе Пахомовой Н.В. рассматривается влияние цифровых технологий на декарбонизацию экономики [4]. Внедрение интернета вещей (IoT), технологий больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта (AI) способствует оптимизации производственных процессов и повышению энергоэффективности. Цифровизация позволяет мониторить и управлять потреблением энергии в реальном времени, снижая издержки и углеродный след. Технологии Индустрии 4.0 обеспечивают сокращение выбросов CO_2 на 15–20% за счет оптимизации процессов [20].

Переход к циркулярной модели производства предполагает повторное использование ресурсов и минимизацию отходов. В промышленности это выражается в переработке материалов и внедрении безотходных технологий. Исследование Яшаловой Н.Н. и Потравного И.М. подчеркивает важность таких подходов для угольной промышленности России [7]. Экономика замкнутого цикла может сократить глобальные выбросы парниковых газов на 39% к 2032 году [10].

Водород в перспективе может заменить углеродоемкие энергоносители в процессах, требующих высоких температур, например в металлургии. В работе Сафонова Г.В. обсуждаются перспективы применения водородных технологий в мировой экономике [5]. Производство «зеленого» водорода к 2030 году может достичь 10 млн тонн в год, что обеспечит сокращение выбросов на 60 млн тонн ежегодно [14].

Таблица 1

Сводная характеристика основных технологий достижения углеродной нейтральности

Категория	Характеристика
Возобновляемые источники энергии	
Глобальный рост мощностей возобновляемых источников энергии	Прирост мощностей в две тысячи двадцать третьем году достиг четырехсот семидесяти трех гигаватт, из которых восемьдесят три процента пришлось на возобновляемые источники энергии
Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии	В две тысячи двадцать втором году доля возобновляемых источников энергии составила двенадцать процентов мирового объема электроэнергии (десять процентов в две тысячи двадцать первом году)
Технологии улавливания, использования и хранения углерода	
Мировой рынок технологий улавливания, использования и хранения углерода	Объем мирового рынка составил 6,8 млрд долларов США в две тысячи двадцать третьем году; прогнозируемый среднегодовой темп роста на период две тысячи двадцать четвертого – две тысячи тридцать второго годов оценивается в девятнадцать процентов
Планы по увеличению мощностей	Объем мощностей к две тысячи пятидесятому году должен вырасти в двести раз для достижения климатических целей
Цифровизация производственных процессов и Индустрия 4.0	
Влияние технологий на снижение выбросов	Технологии Индустрии 4.0 позволяют сократить выбросы двуокиси углерода на пятнадцать-двадцать процентов за счет оптимизации производственных процессов
Экономика замкнутого цикла	
Потенциал снижения выбросов	Экономика замкнутого цикла может сократить глобальные выбросы парниковых газов на тридцать девять процентов к две тысячи тридцать второму году
Водородные технологии	
Прогнозы по производству водорода	Производство «зеленого» водорода к две тысячи тридцатому году достигнет десяти миллионов тонн в год, что обеспечит сокращение выбросов на шестьдесят миллионов тонн ежегодно

Источник: составлено автором на основе [10, 13, 14, 15, 17, 19, 20]

Внедрение технологических новшеств в промышленном секторе сопровождается как положительными эффектами, так и определенными трудностями. Применение передовых разработок, в частности технологий улавливания, использования и хранения углерода, позволяет существенно сократить объемы выбросов двуокиси углерода. Результаты исследований подтверждают, что использование указанных технологий в металлургической отрасли обеспечивает снижение выбросов до девяноста процентов [15]. Одновременное внедрение цифровых решений и положений концепции «Индустрия 4.0» ведет к оптимизации производственных операций, уменьшению энергопотребления и росту общей результативности деятельности предприятий. Хозяйствующие субъекты, осваивающие передовые технологические решения, обретают стратегические конкурентные преимущества, среди которых расширение доступа на новые рынки и повышение инвестиционной привлекательности. Переход на низкоуглеродные технологии позволяет промышленным предприятиям выполнять требования ужесточающихся экологических нормативов и снижать вероятность наложения штрафных санкций.

Внедрение передовых технологий требует наличия специалистов с соответствующими навыками, что может быть проблематично в условиях дефицита квалифицированных работников. Для большей наглядности результатов исследования преимуществ и вызовов изученных технологий составлена таблица 2.

Таблица 2

Преимущества и вызовы внедрения технологических инноваций

Категория	Характеристика
Преимущества	
Снижение углеродного следа	Применение технологий улавливания, использования и хранения углерода сокращает выбросы двуокиси углерода в металлургии до девяноста процентов
Повышение энергоэффективности	Цифровизация производственных процессов снижает энергопотребление предприятий на двадцать-тридцать процентов
Улучшение конкурентоспособности	Внедрение технологических новшеств повышает доступность новых рынков на двадцать пять процентов
Соответствие нормативным требованиям	Соблюдение экологических стандартов помогает избежать штрафных санкций
Вызовы	
Высокие капитальные затраты	Инвестиции в технологические решения могут составлять пятнадцать-тридцать процентов от годового бюджета предприятия
Неопределенность экономической отдачи	Сроки возврата вложенных средств варьируются от пяти до пятнадцати лет
Технологические риски	Двадцать процентов новых технологических решений не проходят успешную апробацию в промышленных условиях
Необходимость квалифицированных кадров	Кадровый дефицит профильных специалистов достигает тридцати процентов от реальной потребности

Источник: составлено автором на основе [15, 20, 21, 22, 23]

Для реализации потенциала низкоуглеродных технологий требуется значительное увеличение объемов финансирования научных исследований. В Китае расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области декарбонизации выросли на восемнадцать процентов в две тысячи двадцать втором году, достигнув трехсот пятидесяти миллиардов юаней [8]. Государственные программы предоставления субсидий и налоговых льгот, а также разработка нормативных требований в сфере углеродной нейтральности выступают необходимыми мерами поддержки. В России с первого июня две тысячи двадцать третьего года начал функционировать реестр выбросов парниковых газов. В соответствии с Федеральным законом № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», крупные предприятия обязаны предоставлять отчетность о своих выбросах (первая отчетность за две тысячи двадцать второй год подавалась до первого июля две тысячи двадцать третьего года) [6]. Новый формат углеродной отчетности направлен на стимулирование промышленных предприятий к сокращению объемов выбросов.

Интеграция в глобальные проекты открывает доступ к передовым технологиям и финансовым ресурсам. Участие в подобных инициативах позволит промышленным предприятиям ускорить переход на низкоуглеродные модели производства [11]. Дефицит квалифицированных специалистов является значительным барьером для внедрения сложных технологий. Требуется развитие образовательных программ в области ESG (экологического, социального и корпоративного управления) и низкоуглеродной экономики. Например, в Китае создано 15 специализированных учебных центров для подготовки инженеров по CCUS [9]. Перспективы и рекомендации структурированы в таблице 3.

Проведенный анализ технологических новшеств в области декарбонизации позволяет утверждать, что каждое из рассмотренных направлений (возобновляемые источники энергии, технологии улавливания, использования и хранения углерода, цифровизация производственных процессов, экономика замкнутого цикла, водородные технологии) обладает значительным потенциалом сокращения выбросов парниковых газов. Наиболее выраженный эффект достигается при комплексном внедрении

указанных технологических решений, когда цифровизация оптимизирует энергопотребление, технологии улавливания, использования и хранения углерода захватывают остаточные выбросы, а возобновляемые источники энергии замещают ископаемое топливо. Как показано в таблицах 2 и 3, реализация этого потенциала сдерживается высокими капитальными затратами, технологическими рисками и дефицитом квалифицированных кадров. Указанные ограничения требуют разработки системных мер государственной поддержки, включая субсидирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, предоставление налоговых льгот и развитие образовательных программ в области низкоуглеродных технологий.

Таблица 3

Краткая характеристика перспектив и рекомендаций

Категория	Краткая характеристика
Перспективы	
Технологии CCUS	Снижение глобальных выбросов CO_2 на 15% к 2030 году; необходимость снижения затрат
ВИЭ	Доля в мировом энергобалансе достигла 29%, снижение выбросов на 2,1 Гт CO_2 в 2023 году
Цифровизация	Сокращение энергозатрат на 20-30%, снижение углеродного следа на 18%
Экономика замкнутого цикла	Сокращение глобальных выбросов на 39% к 2030 году
Рекомендации	
Инвестиции в R&D	Увеличение расходов на 18%, достижение 350 млрд юаней в Китае в 2022 году
Государственная поддержка	Закон об углеродной отчетности стимулирует снижение выбросов
Международное сотрудничество	Участие в проектах, таких как Европейская зеленая сделка, Инициатива «Чистый ноль», «Зеленый шелковый путь», Climate Action 100+ и т.д.
Развитие кадров	Создание 15 учебных центров для инженеров CCUS в Китае

Источник: составлено автором на основе [6, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 20]

Выводы

Проведённое исследование подтверждает, что достижение углеродной нейтральности промышленными предприятиями невозможно без системного внедрения технологических инноваций. Возобновляемые источники энергии, технологии улавливания, использования и хранения углерода, цифровизация производственных процессов, экономика замкнутого цикла и водородные технологии в совокупности образуют технологический базис низкоуглеродной трансформации.

Ключевым результатом работы выступает количественная оценка потенциала каждого направления: применение технологий улавливания, использования и хранения углерода в металлургии сокращает выбросы двуокиси углерода до 90%, цифровизация снижает энергопотребление на 20–30%, а циркулярная модель способна уменьшить глобальные выбросы парниковых газов на 39% к 2032 году. Наибольший эффект достигается при комплексной интеграции перечисленных решений, когда цифровые системы оптимизируют энергобаланс, возобновляемые источники энергии замещают ископаемое топливо, а технологии улавливания, использования и хранения углерода улавливают остаточные выбросы.

Вместе с тем внедрение передовых технологий сдерживается высокими капитальными затратами (15–30% годового бюджета предприятия), неопределённостью экономической отдачи со сроками окупаемости от 5 до 15 лет, технологическими рисками (20% новых решений не проходят промышленную апробацию) и кадровым дефицитом, достигающим 30% от реальной потребности в профильных специалистах.

Преодоление указанных барьеров требует комплексных мер: увеличения финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (пример Китая с ростом расходов на 18% до 350 млрд юаней), развития государственной поддержки через налоговые льготы и углеродную отчётность (Федеральный закон № 296-ФЗ), международного сотрудничества в рамках климатических инициатив, а также целенаправленной подготовки кадров через специализированные учебные центры.

Таким образом, технологические инновации выступают не факультативным, а обязательным условием перехода промышленности к углеродной нейтральности. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку отраслевых дорожных карт декарбонизации с учётом специфики российской экономики, а также на поиск механизмов снижения инвестиционных рисков при внедрении низкоуглеродных технологий.

Литература

1. Брундтландская комиссия. Наше общее будущее: Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. – М.: Прогресс, 1989. – 376 с.
2. Ершов Д.Н. Улавливание, хранение и использование углерода: перспективы и возможности проектов в России // Журнал экологического стандарта. – 2023. – № 2. – С. 24–31.
3. Кузнецова А.С., Иванов Д.М. Трансформация ESG-инструментария оценки устойчивого развития промышленных предприятий // Экономика и управление. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 32–40.
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Углеродная нейтральность в России: ухабистые траектории до 2060 года // Центр энергоэффективности – XXI век. – 2022. – № 1. – С. 8–22.
5. Сафонов Г.В., Поташников В.Ю., Луконин Е.И. Водородные технологии в мировой экономике: перспективы и вызовы // Энергетическая политика. – 2023. – № 5. – С. 68–79.
6. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» (ред. от 01.04.2026) // Собрание законодательства РФ. – 2021. – № 27. – Ст. 5123.
7. Яшалова Н.Н., Потравный И.М. Экологическая безопасность и экономика замкнутого цикла в угольной промышленности // Уголь. – 2023. – № 3. – С. 54–59.
8. China Energy Research Institute. Annual Report on Carbon Neutral Technologies. – Beijing, 2022. – 120 p.
9. China Energy Research Institute. CCUS Training Centers Development Report. – Beijing, 2023. – 45 p.
10. European Commission. Circular Economy Action Plan 2.0. – Brussels, 2022. – 45 p.
11. European Commission. European Green Deal: Roadmap to Carbon Neutrality. – Brussels, 2023. – 78 p.
12. European Commission Joint Research Centre. Innovation and technology: Key enablers of the transition to climate neutrality. – 2022. – URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu (дата обращения: 20.05.2026).
13. Global Market Insights. Carbon Capture and Storage Market Size Report, 2024–2032. – 2023. – URL: https://www.gminsights.com (дата обращения: 20.05.2026).
14. Hydrogen Council. Hydrogen Insights 2023. – Brussels, 2023. – 88 p.
15. IEA. CCUS in Clean Energy Transitions. – Paris: International Energy Agency, 2023. – 112 p.
16. IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. – Cambridge University Press, 2022. – 2040 p.
17. IRENA. Record Growth in Renewables Achieved Despite Energy Crisis. – 2023. – URL: https://www.irena.org (дата обращения: 20.05.2026).
18. IRENA. Renewable Capacity Statistics 2024. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024. – 68 p.
19. IRENA. World Energy Transitions Outlook 2023. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023. – 156 p.
20. McKinsey & Company. Reducing Carbon Footprint with Digital Technologies. – 2023. – URL: https://www.mckinsey.com (дата обращения: 20.05.2026).
21. Path to Carbon Neutrality in the Industrial Sector: Case Studies and Innovations // Journal of Applied Economics. – 2023. – Vol. 26, No. 1. – P. 45–62.
22. UNECE. Circular Economy and Sustainable Development. – Geneva, 2021. – 62 p.
23. World Bank. The Role of Innovation in the Low-Carbon Transition. – Washington, 2023. – 104 p.

Technological innovations for carbon neutrality in the context of sustainable development of industrial enterprises

Chu Yan

St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article examines the role of technological innovations in achieving carbon neutrality of industrial enterprises. An analysis of key decarbonization areas is carried out, including renewable energy sources, carbon capture, utilization and storage (CCUS) technologies, digitalization of production processes, circular economy and hydrogen technologies. Based on the analysis of international and Russian experience, the advantages and challenges of innovation implementation are identified. The integration of digital solutions is found to reduce energy consumption by 20–30%, while the use of CCUS in metallurgy reduces CO_2 emissions by up to 90%. Recommendations for accelerating decarbonization are formulated, including increased R&D funding, development of government support and personnel training.

Keywords: carbon neutrality, technological innovations, sustainable development, decarbonization, CCUS, renewable energy sources, digitalization, circular economy.

References

1. Brundtland Commission. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. – Moscow: Progress, 1989. – 376 p.
2. Ershov D.N. Carbon Capture, Utilization and Storage: Prospects and Opportunities for Projects in Russia // Journal of Environmental Standard. – 2023. – No. 2. – P. 24–31.

3. Kuznetsova A.S., Ivanov D.M. Transformation of ESG Tools for Assessing Sustainable Development of Industrial Enterprises // Economics and Management. – 2022. – Vol. 26, No. 4. – P. 32–40.
4. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. Carbon Neutrality in Russia: Bumpy Trajectories until 2060 // Energy Efficiency Center – XXI Century. – 2022. – No. 1. – P. 8–22.
5. Safonov G.V., Potashnikov V.Yu., Lukonin E.I. Hydrogen Technologies in the Global Economy: Prospects and Challenges // Energy Policy. – 2023. – No. 5. – P. 68–79.
6. Federal Law No. 296-FZ of July 2, 2021 «On Limiting Greenhouse Gas Emissions» (as amended on April 1, 2026) // Collection of Legislation of the Russian Federation. – 2021. – No. 27. – Art. 5123.
7. Yashalova N.N., Potravny I.M. Environmental Safety and Circular Economy in the Coal Industry // Coal. – 2023. – No. 3. – P. 54–59.
8. China Energy Research Institute. Annual Report on Carbon Neutral Technologies. – Beijing, 2022. – 120 p.
9. China Energy Research Institute. CCUS Training Centers Development Report. – Beijing, 2023. – 45 p.
10. European Commission. Circular Economy Action Plan 2.0. – Brussels, 2022. – 45 p.
11. European Commission. European Green Deal: Roadmap to Carbon Neutrality. – Brussels, 2023. – 78 p.
12. European Commission Joint Research Centre. Innovation and Technology: Key Enablers of the Transition to Climate Neutrality. – 2022. – URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu (accessed: 20.05.2026).
13. Global Market Insights. Carbon Capture and Storage Market Size Report, 2024–2032. – 2023. – URL: https://www.gminsights.com (accessed: 20.05.2026).
14. Hydrogen Council. Hydrogen Insights 2023. – Brussels, 2023. – 88 p.
15. IEA. CCUS in Clean Energy Transitions. – Paris: International Energy Agency, 2023. – 112 p.
16. IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. – Cambridge University Press, 2022. – 2040 p.
17. IRENA. Record Growth in Renewables Achieved Despite Energy Crisis. – 2023. – URL: https://www.irena.org (accessed: 20.05.2026).
18. IRENA. Renewable Capacity Statistics 2024. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024. – 68 p.
19. IRENA. World Energy Transitions Outlook 2023. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023. – 156 p.
20. McKinsey & Company. Reducing Carbon Footprint with Digital Technologies. – 2023. – URL: https://www.mckinsey.com (accessed: 20.05.2026).
21. Path to Carbon Neutrality in the Industrial Sector: Case Studies and Innovations // Journal of Applied Economics. – 2023. – Vol. 26, No. 1. – P. 45–62.
22. UNECE. Circular Economy and Sustainable Development. – Geneva, 2021. – 62 p.
23. World Bank. The Role of Innovation in the Low-Carbon Transition. – Washington, 2023. – 104 p.

Риск-профиль проекта как новый инструмент оптимизации предынвестиционной фазы проекта

Труба Анатолий Сергеевич
доктор экономических наук, профессор Института современного образования и информационных технологий, truby.anatoly@yandex.ru,

Бутова Татьяна Витальевна
доктор экономических наук, директор Института открытого образования, Финансовый университет при Правительстве РФ, tvbratarchuk@fa.ru,

Войтюк Валерий Николаевич
кандидат экономических наук, генеральный директор ООО «Лаборатория риска», valery.67@mail.ru

Статья посвящена применению в качестве инструмента оптимизации прединвестиционной фазы проекта риск-профиля инвестиционного проекта. Разработка эффективных инструментов идентификации, анализа и оценки рисков инвестиционных проектов реального сектора экономики позволяет значительно повысить обоснованность управленческих решений, оптимизировать финансовые модели, а также сократить затраты на реализацию мероприятий по митигации рисков. Необходимо отметить наличие положительных эффектов системного подхода и стандартизации процедур управления рисками на прединвестиционной фазе проекта, снижающих уровень неопределенности и дающих возможность тиражировать успешные модели риск-профилей для типовых проектов. Еще одним перспективным направлением использования методики является формирование реестров типовых рисков, их потенциальных источников и последствий, которые могут быть использованы для подготовки последующих проектов с учетом эмпирических данных.
Ключевые слова: идентификация рисков, анализ рисков, оценка рисков, проект, риск-профиль проекта, реестр критических рисков, типовые риски.

В настоящее время управление инвестиционными проектами реального сектора экономики претерпевает как структурные изменения базовых подходов и устоявшихся методологических паттернов, так и требований со стороны бизнеса, заключающихся в необходимости кардинально сокращать сроки прединвестиционной фазы проекта и снижать уровень неопределенности для его участников, путем повышения качества идентификации, анализа и оценки рисков. О низком уровне эффективности реализации инвестиционных проектов свидетельствуют результаты исследований, проведенных Петербургским государственным университетом путей сообщения Императора Александра I и Ассоциацией риск-менеджмента "Русское общество управления рисками". Так, по данным указанных организаций «в реальных условиях реализации только 16,2% проектов признаются успешными - выполняются вовремя и в рамках бюджета, 52,7% проектов реализуются с превышением бюджета (в среднем на 89%)» [3].

Однако, даже применительно к корпоративному сектору, обладающему возможностью формирования проектных команд на прединвестиционной фазе проекта, достижение баланса между качеством проведения указанных процедур и временем на их проведение – является нетривиальной задачей. Даже наличие у членов проектной команды релевантного опыта реализации и баз данных анализа рисков по ранее реализованным аналогичным проектам, не дает желаемого эффекта в части сокращения временных затрат. Причиной такого положения является:

- большое количество не стандартизированных классификаций рисков;
- отсутствие доступных баз данных типовых рисков проектов, формируемых на постоянной основе с учетом кластеризации по отраслевому признаку;
- наличия потребности в большом объеме вычислений различных параметров рисков;
- наличие дефицита на рынке труда в специалистах по риск-менеджменту, имеющих глубокие теоретические знания, включая требования более 120 государственных стандартов, затрагивающих вопросы управления рисками и практические навыки по идентификации, анализу и оценке рисков в реальном секторе экономики;
- повышение требований к обоснованности управленческих и инвестиционных решений, влияющих на стоимость проекта в условиях неполной или неточной информации, со стороны стейкхолдеров.

Необходимо отметить более высокий уровень потребности в устранении указанных выше проблем для предприятий малого и среднего бизнеса (далее – МСП), обладающими значительно меньшими, по отношению к корпоративному сектору, ресурсами для качественной реализации прединвестиционной фазы проектов. Ценность обоснованности управленческих решений в данном секторе экономических акторов критична.

По мнению авторов статьи, именно систематизация процессов идентификации, анализа и оценки рисков проекта на прединвестиционной фазе позволит: значительно сократить сроки проведения и повысить качество проведения указанных процедур, снизить уровень потребности в высоко квалифицированных риск-менеджерах, определить реальную потребность в резервировании финансовых ресурсов на покрытие потенциального ущерба от реализации рисковых событий с учетом вероятности их наступления.

Теоретическими предпосылками необходимости разработки и применения риск-профиля проекта на прединвестиционной фазе инвестиционного проекта является факт активного закрепления данного инструмента и его отдельных элементов в соответствующих положениях государственных стандартов: подпункт f пункта 6.3.4.3 ГОСТ Р ИСО/МЭК12207-2010 [1], пункт 4.8.2.5 ГОСТ Р 51897-2021 [2].

Обоснованность и целесообразность применения формализованных стандартизированных методов принятия инвестиционных решений, основанных на анализе и оценке рисков, подтверждается в ряде научных работ Г.А. Гюльмагомедовой и И.В. Куркова [4], И.А. Бурса, К.А. Березняка и В.Е. Яковлевой [5], А.О. Клименко и А.В. Гутенева [6] посвященных исследованию методов и инструментов идентификации, анализа и оценки рисков инвестиционных проектов с учетом их отраслевых особенностей.

Предлагаемый авторами алгоритм разработки риск-профиля инвестиционного проекта представлен на схеме (рисунок 1).

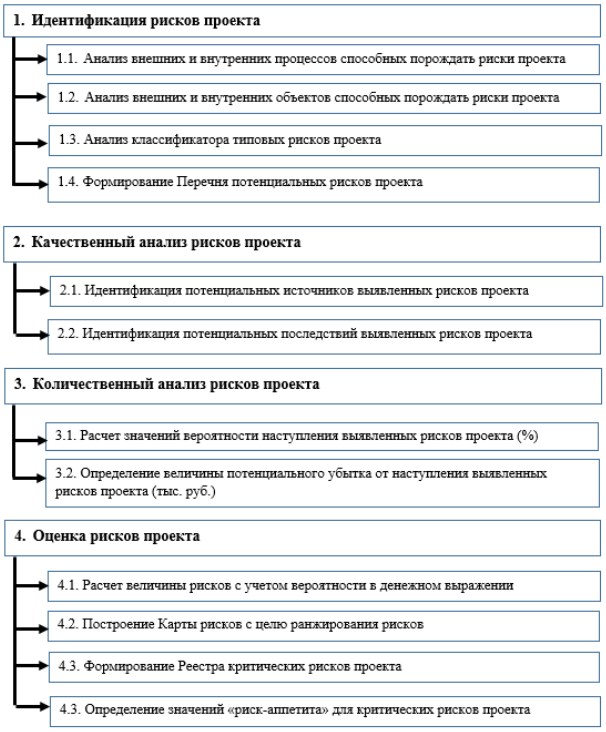


Рисунок 1 - Алгоритм разработки риск-профиля инвестиционного проекта

Основные элементы предлагаемого алгоритма являются частью системы управления рисками, что подтверждается исследованиями, проведенными профессором кафедры «Экономической безопасности и управления рисками» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, доктором экономических наук, доцентом Н.В. Капустиной [12].

Важное значение идентификации рисков проекта на прединвестиционной фазе отмечает в своей статье Е.А. Пройдаков: «Руководители проектов и их команды могут выявить множество потенциальных рисков понимая общие источники рисков и рассматривая план управления проекта, проектные документы, соглашения, документы о закупках, экологические факторы предприятия и организационные процессы» [13].

Необходимость не только идентификации потенциальных рисков, но и проведения более глубокого анализа негативных последствий в результате их реализации, подтверждается в статье руководителя отдела оценки рисков и проведения опросов в «RiskSTOP» Дэвида Рейнольдса [9]: ««Вопрос не только в том, «что может пойти не так?», но и в том, «что вызовет этот риск дальше?» и «что выйдет из строя в первую очередь, если давление усилится?» Именно здесь многие убытки ускоряются из-за слабых мест, о взаимосвязи которых предприятия даже не подозревали. Это также означает необходимость уделять больше внимания факторам, вызывающим убытки», опубликованной в специализированном журнале «Strategic Risk».

Нельзя не согласиться с позицией аналитиков компании «FaceTheRisk», заключающейся в том, что именно переориентация риск-менеджмента с позиции формального описания рисков к числовым оценкам, позволяющим «перейти к измерению, ориентированному на принятие решений, которые связывают риски с целями» [10], является сегодня ключевым вектором развития систем управления рисками вообще, и управления рисками инвестиционных проектов, в частности.

Аналогичную позицию высказывает в своей статье и директор по закупкам и управлению цепочками поставок в компании Avetta Колдуэлл Харт, в которой он отмечает в качестве основной цели повышение качества и своевременности доведения информации о рисках до стейкхолдеров, обеспечивающего возможность «учесть контекст и приоритизировать риски, чтобы руководители могли принимать быстрые и обоснованные решения» [11].

По своей природе, все существующие риски проекта могут порождаться только четырьмя видами сущностей:

1) внешние (по отношению к проекту) процессы;
2) внутренние (порождаемые самим проектом) процессы;
3) внешние (по отношению к проекту) объекты;
4) внутренние (создаваемые в рамках самого проекта) объекты.

На практике выявление потенциальных рисков проекта в рамках указанных направлений могут быть выполнены с использованием двух подходов. Первый подход основан на идентификации рисков проекта путем анализа существующих схем бизнес-процессов проекта (например, календарно-сетевых графиков) и подробного описания бизнес-ландшафта. Причем, бизнес-процессы должны быть описаны как минимум до третьего уровня декомпозиции. К сожалению, нужно отметить, что в компаниях МСП бизнес-процессы действующего бизнеса не описаны и не формализованы должным образом, а описание бизнес-ландшафта отсутствует.

Второй подход предполагает использование ранее сформированных и актуализированных баз данных (реестров) типовых рисков проектов, сегментированных по отраслевому признаку. Данный подход позволяет в короткие сроки сформировать перечень потенциальных рисков проекта с вероятностью полноты охвата более 75%. Обоснованность данного подхода подтверждается его широким применением надзорными органами Российской Федерации, такими как: ФСТЭК России [7], ФТС - закрытые профили рисков, формируемые таможенными органами в соответствии со статьей 376 Таможенного кодекса Евразийского экономического союза), МЧС - формируемые территориальными органами открытые перечни объектов защиты, которым присвоены категории риска в рамках государственного надзора (пожарного, ГО и ЧС) [8] и т.п.

Особого внимания заслуживает практическая значимость последующего применения риск-профиля инвестиционного проекта для целей разработки плана корректирующих и предупреждающих действий по снижению критических рисков (далее - CAPA-plan (Corrective And Preventive Actions)). В соответствии с пунктом 6.5.2. международного стандарта ISO 31000:2018(E) определены следующие варианты воздействия на риск:

Воздействие на риск может осуществляться одним или несколькими из следующих вариантов:

– избежание риска посредством принятия решения не начинать или не продолжать деятельность, которая порождает риск;

– принятие или увеличение риска для использования благоприятной возможности;

– устранение источника риска;

– изменение вероятности;

– изменение последствий;

– разделение риска с другой стороной или сторонами (например, с помощью договоров, страхования);

– осознанное удержание риска.

Со всей очевидностью, результаты качественного, количественного анализа и оценки рисков, проводимых в рамках подготовки риск-профиля инвестиционного проекта на прединвестиционной фазе, являются необходимым и достаточным информационным базисом для разработки мероприятий CAPA-plan. Например, результаты оценки риска, в части наличия:

– расчетного значения его величины с учетом вероятности наступления;

– возможности оценить уровень критичности риска;

– определенного значения «риск-аппетита» в отношении расчетного значения риска.

Расчет значения величины риска (R_t) – величины потенциального ущерба от наступления рискового события (C_t) с учетом вероятности (V_t) его наступления осуществляется на основе количественного анализа, проводимого в рамках подготовки риск-профиля проекта в соответствии с формулой (1):

$$R_t = C_t \cdot V_t \quad (1)$$

где R_t – величина риска (t) с учетом вероятности его наступления (руб.);

C_t – сумма потенциального ущерба в результате наступления рискового события;

V_t – значение вероятности наступления рискового события.

Именно наличие значения величины риска с учетом вероятности в денежном выражении дает возможность лицам, принимающим управленческое решение на прединвестиционной фазе:

– оценить финансовую возможность проекта компенсировать потенциальный ущерб от наступления риска. Такая оценка проводится на основании анализа достаточности сальдированного остатка суммарного денежного потока финансовой модели проекта на шаге расчета;

– определить потребность в размере дополнительного «финансового буфера» на устранение негативных последствий от наступления потенциального риска с целью соответствующей корректировки финансовой модели проекта.

Аналогичная возможность применения результатов подготовки риск-профиля, в соответствии с предлагаемым алгоритмом, указанным на Схеме-1, имеет место и для разработки мероприятий CAPA-plan,

направленных на устранение потенциальных источников и последствий риска. Определенные в рамках качественного анализа рисков перечни и параметры потенциальных источников и последствий наступления риска, позволяют оперативно использовать их для разработки соответствующих мероприятий CAPA-plan.

Необходимо отметить значение наличия результатов разработки риск-профиля для оценки экономической целесообразности предлагаемых мероприятий CAPA-plan по снижению риска в соответствии с принципом ALARP (As Low As Reasonably Practicable), рекомендующим снижать риск до уровня экономической целесообразности или до уровня, который является настолько низким, насколько он может быть приемлем. Риск ниже этого уровня считается приемлемым при условии, что он был уменьшен до уровня, при котором выгода от дальнейшего его снижения не оправдана ввиду требующихся для этого больших затрат. То есть, затраты на мероприятия по снижению риска не должны быть выше значения потенциального ущерба от наступления риска с учетом вероятности.

Таким образом, полученные при разработке риск-профиля проекта значения риска, позволяют осуществить сравнение величины потенциальных затрат на реализацию мероприятий по снижению риска и значения потенциального ущерба от наступления рассматриваемого риска с учетом вероятности его наступления. Следствием такого сравнения является отказ от мероприятий по снижению рисков, затраты на реализацию которых выше значения риска с учетом вероятности и, как следствие, предотвращение возможности реализовывать экономически нецелесообразные мероприятия CAPA-plan.

Еще одним фактором, подтверждающем юридическую и методологическую обоснованность проведения аудита рисков проекта на прединвестиционной фазе является закрепление в ГОСТ Р ИСО 21500-2014 [14] положений о том, что:

– «допустимый уровень риска проекта» является одним из основных ограничений проекта;

– идентификация и оценка рисков являются обязательными процессами прединвестиционной фазы (инициирование и планирование) проекта.

Таким образом, применение риск-профиля инвестиционного проекта в качестве инструмента обоснования управленческих решений на прединвестиционной фазе является экономически целесообразно и юридически обоснованно.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК12207-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. - Портал «Электронный фонд электронных и правовых документов. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200082859 (дата обращения: 25.05.2026).
2. ГОСТ Р 51897-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Термины и определения. - Портал «Электронный фонд электронных и правовых документов. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200181662 (дата обращения: 25.05.2026).
3. ГОСТ Р 72160-2025. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Управление рисками проектов. - Портал «Электронный фонд электронных и правовых документов. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1313236113 (дата обращения: 25.05.2026).
4. Гюльмагомедова Г. А., Курков И. В. Классификация и основные факторы рисков инвестиционного проекта // Прикладные экономические исследования. – 2024. – № S 1. – С. 191–195. – URL: https://doi.org/10.47576/2949-1908.2024.55.55.027 (дата обращения: 25.05.2026).
5. Бурса И.А., Березняк К.А., Яковлева В.Е. Инвестиции в инновационные технологии: перспективы и риски внедрения новых решений // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2026. – № 2. – С. 166–172. – URL: https://doi.org/10.47576/2949-1894.2026.2.2.020 (дата обращения: 25.05.2026).
6. Клименко А.О., Гуданов А.В. Особенности оценки рисков инвестиций в отечественную медицинскую электронику с учетом импортозамещения // Финансы и кредит. – 2026. – № 2. – С. 139 – 154. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/ http://213.226.126.9/fc/2026/fc02/fc0226-139.pdf (дата обращения: 25.05.2026).
7. Банк данных угроз безопасности информации / Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. - URL: https://bdu.fstec.ru/threat/ubi.018 (дата обращения: 25.05.2026).
8. Профилактическая работа и контрольно-надзорная деятельность / МЧС России. - URL: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/profilakticheskaya-rabota-i-nadzornaya-deyatelnost/kalkulyator-otneseniya-obektov-zashchity-k-opredelennoy-kategorii-riska-pri-osushchestvlenii-federalnogo-gosudarstvennogo-pozharnogo-nadzora (дата обращения: 25.05.2026).
9. Рейнольдс Д. В условиях обострения ситуации в 2026 году, руководителям рисков настоятельно рекомендуется сосредоточиться на контроле и интеграции / Д. Рейнольдс // Strategic Risk. - 2026. - URL: https://www.strategic-risk-global.com/emerging-risks/risk-managers-urged-to-focus-on-control-and-integration-as-pressures-collide-in-2026/1457681.article?utm_id=34222&utm_campaign=946&utm_term=Read%20more&utm_medium=email&utm_source=adestra (дата обращения: 25.05.2026).
10. Face the Risk. Помимо соблюдения нормативных требований: 5 важнейших действий, которые должны предпринять руководители стратегического управления рисками в 2026 году / Strategic Risk. - 2026. - URL: https://www.strategic-risk-global.com/risk-measurement/beyond-compliance-5-essential-actions-strategic-risk-leaders-must-take-in-2026/1457629.article?utm_id=34175&utm_campaign=946&utm_term=Read%20more&utm_medium=email&utm_source=adestra (дата обращения: 25.05.2026).
11. Харт К. Информирование высшего руководства о рисках / К. Харт // Risk Management magazine - 2026. - Текст: электронный. - URL: https://www.rmmagazine.com/articles/article/2025/08/26/communicating-risk-to-the-c-suite (дата обращения: 25.05.2026).
12. Капустина Н.В. Особенности риск-менеджмента в проектном управлении / Н.В. Капустина // Вестник евразийской науки. - 2024. - Т. 16. - № 3. - URL: https://esj.today/PDF/67ECVN324.pdf (дата обращения: 25.05.2026).
13. Пройдаков Е.А. Управление рисками в проектах: стратегии и методы // Universum: технические науки. - 2024. - 1(118). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16698 (дата обращения: 25.05.2026).
14. ГОСТ Р ИСО 21500-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Руководство по проектному менеджменту. - Портал «Электронный фонд электронных и правовых документов. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200118020 (дата обращения: 25.05.2026).

Project risk profile as a new tool for optimizing the pre-investment phase of a project

Truba A.S., Butova T.V., Voytyuk V.N.

Institute of Modern Education and Information Technology, Financial University under the Government of the Russian Federation, Risk Laboratory LLC

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

This article examines the use of an investment project risk profile as a tool for optimizing the pre-investment phase of a project. The development of effective tools for identifying, analyzing, and assessing the risks of investment projects in the real sector of the economy can significantly improve the validity of management decisions, optimize financial models, and reduce the costs of implementing risk mitigation measures. It is worth noting the positive effects of a systematic approach and standardized risk management procedures in the pre-investment phase of a project, which reduce uncertainty and enable the replication of successful risk profile models for standard projects. Another promising area of application for this methodology is the development of registers of typical risks, their potential sources, and consequences, which can be used to prepare subsequent projects based on empirical data.

Keywords: risk identification, risk analysis, risk assessment, project, project risk profile, critical risk register, typical risks.

References

1. GOST R ISO/IEC 12207-2010. National Standard of the Russian Federation. Information technology. Systems and software engineering. Software life cycle processes. - Portal "Electronic Fund of Electronic and Legal Documents. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200082859 (date of access: 25.05.2026).
2. GOST R 51897-2021. National Standard of the Russian Federation. Risk Management. Terms and Definitions. - Portal "Electronic Fund of Electronic and Legal Documents. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200181662 (date of access: 25.05.2026).
3. GOST R 72160-2025. National Standard of the Russian Federation. Risk Management. Project Risk Management. - Portal "Electronic Fund of Electronic and Legal Documents. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1313236113 (date of access: 25.05.2026).
4. Gulmagomedova G. A., Kurkov I. V. Classification and main risk factors of an investment project // Applied economic research. - 2024. - No. S 1. - P. 191-195. - URL: https://doi.org/10.47576/2949-1908.2024.55.55.027 (date of access: 25.05.2026).
5. Bursa I. A., Bereznyak K. A., Yakovleva V. E. Investments in innovative technologies: prospects and risks of implementing new solutions // Innovative economy: information, analytics, forecasts. – 2026. – No. 2. – P. 166–172. – URL: https://doi.org/10.47576/2949-1894.2026.2.2.020 (date of access: 25.05.2026).
6. Klimenko A.O., Gudanov A.V. Features of risk assessment of investments in domestic medical electronics taking into account import substitution // Finance and credit. – 2026. – No. 2. – P. 139–154. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/ http://213.226.126.9/fc/2026/fc02/fc0226-139.pdf (date of access: 25.05.2026).
7. Database of Information Security Threats / Federal Service for Technical and Export Control. - URL: https://bdu.fstec.ru/threat/ubi.018 (date of access: 25.05.2026).
8. Preventive Work and Control and Supervisory Activities / EMERCOM of Russia. - URL: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/profilakticheskaya-rabota-i-nadzornaya-deyatelnost/kalkulyator-otneseniya-obektov-zashchity-k-opredelennoy-kategorii-riska-

pri-osushchestvlenii-federalnogo-gosudarstvennogo-pozharnogo-nadzora (date of access: 25.05.2026).
9. Reynolds, D. “As Pressures Collide in 2026, Risk Managers Urged to Focus on Control and Integration” / D. Reynolds // Strategic Risk. - 2026. - URL: https://www.strategic-risk-global.com/emerging-risks/risk-managers-urged-to-focus-on-control-and-integration-as-pressures-collide-in-2026/1457681.article?utm_id=34222&utm_campaign=946&utm_term=Read%20more&utm_medium=email&utm_source=adestra (accessed: 25.05.2026).
10. Face the Risk. Beyond Compliance: 5 Critical Actions Strategic Risk Leaders Should Take in 2026 / Strategic Risk. - 2026. - URL: https://www.strategic-risk-global.com/risk-measurement/beyond-compliance-5-essential-actions-strategic-risk-leaders-must-take-in-2026/1457629.article?utm_id=34175&utm_campaign=946&utm_term=Read%20more&utm_medium=email&utm_source=adestra (Accessed: 25.05.2026).
11. Hart K. Communicating Risk to Senior Management / Hart K. // Risk Management magazine - 2026. - Text: electronic. - URL: https://www.rmmagazine.com/articles/article/2025/08/26/communicating-risk-to-the-c-suite (Accessed: 25.05.2026).
12. Kapustina N.V. Features of risk management in project management / N.V. Kapustina // Bulletin of Eurasian Science. - 2024. - Vol. 16. - No. 3. - URL: https://esj.today/PDF/67ECVN324.pdf (date of access: 05/25/2026).
13. Proydakov E.A. Risk management in projects: strategies and methods // Universum: technical sciences. - 2024. - 1 (118). - URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16698 (date of access: 05/25/2026).
14. GOST R ISO 21500-2014. National standard of the Russian Federation. Project management guidelines. - Portal "Electronic fund of electronic and legal documents. - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200118020 (accessed: 25.05.2026).

Развитие методологии оценки экономической эффективности инвестиционных проектов

Евсеев Никита Русланович
аспирант, Университет «Синергия», nevseev2202@gmail.con

В статье рассматриваются современные подходы и выявляются ключевые проблемы в области оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Обосновывается необходимость развития существующей методологии, обусловленная динамичностью рыночной среды, ростом значимости нефинансовых факторов и цифровизацией экономики.
Авторами проводится критический анализ традиционных показателей, таких как чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR) и срок окупаемости (PP), с акцентом на их ограничения в условиях высокой неопределённости и риска. В качестве направлений развития методологии предлагается внедрение:
Системы сбалансированных показателей (Balanced Scorecard) для комплексной оценки, учитывающей не только финансовые, но и маркетинговые, операционные, кадровые и инновационные результаты проекта.
Методов анализа реальных опционов (ROV), позволяющих адаптировать проект к изменяющимся внешним условиям и повысить его стратегическую гибкость.
Интеграции ESG-факторов (экологических, социальных и управленческих) в систему оценки для более точного прогнозирования долгосрочной устойчивости и репутационных выгод.
Сценарного моделирования и анализа чувствительности для количественной оценки рисков и разработки стратегий их минимизации.
В работе делается вывод, что синтез классических финансовых методов с современными инструментами стратегического менеджмента и анализа рисков позволяет сформировать более релевантную и надежную методологию. Это, в свою очередь, способствует принятию более обоснованных инвестиционных решений и повышению их вклада в рост стоимости компании в долгосрочной перспективе.
Ключевые слова: инвестиционный проект, экономическая эффективность, оценка инвестиций, чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), срок окупаемости (PP), риск, неопределённость, методология оценки, система сбалансированных показателей (Balanced Scorecard), анализ реальных опционов (ROV), ESG-факторы, сценарное моделирование, анализ чувствительности.

В условиях современной экономики, характеризующейся высокой волатильностью рынков, геополитической нестабильностью и ускоряющимися темпами технологических изменений, вопросы привлечения и рационального использования инвестиций приобретают первостепенное значение. Эффективность инвестиционной деятельности напрямую определяет конкурентоспособность предприятий, регионов и национальной экономики в целом. Принятие управленческих решений о реализации крупных капиталоемких проектов требует не просто формального расчёта, а глубокого, всестороннего анализа их экономической целесообразности.

Традиционные подходы к оценке, основанные преимущественно на дисконтированных денежных потоках и стандартных показателях (таких как NPV, IRR, срок окупаемости), в ряде случаев оказываются недостаточными для адекватного отражения всех рисков и стратегических выгод. Возникает объективная необходимость в развитии и совершенствовании методологического аппарата, способного учитывать современные реалии: фактор неопределённости, влияние внешних шоков, социальные и экологические эффекты, а также специфику инновационных и цифровых проектов [4].

Чистый приведённый доход (NPV) — это разница между суммой дисконтированных (приведённых к текущему моменту) денежных потоков, которые проект генерирует в будущем, и первоначальными инвестициями.

NPV показывает, насколько увеличится или уменьшится ценность компании в результате реализации проекта. Это абсолютный показатель, измеряемый в денежных единицах (рублях, долларах и т. д.).

Внутренняя норма доходности — это такая ставка дисконтирования, при которой чистый приведённый доход (NPV) проекта становится равным нулю. По сути, это процентная ставка, которую «генерирует» сам проект.

IRR показывает максимальную стоимость капитала, при которой проект остается безубыточным. Это относительный показатель, измеряемый в процентах.

Срок окупаемости — это период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые проектом, полностью покрыли первоначальные инвестиции. Это самый простой и интуитивно понятный показатель. Он отвечает на вопрос: «Как быстро мы вернем вложенные деньги?». Этот показатель фокусируется на ликвидности и риске, а не на общей прибыльности.

Таким образом, разработка новых и адаптация существующих методов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов является своевременной и высокоактуальной научной задачей.

Классические критерии, такие как чистый приведенный доход (Net Present Value, NPV), внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return, IRR) и срок окупаемости (Payback Period, PP), обладают рядом системных ограничений. Они статичны по своей природе, плохо учитывают управленческую гибкость и часто игнорируют косвенные эффекты от реализации проекта.

Целью данной статьи является критический анализ традиционной методологии и разработка предложений по ее развитию путем интеграции современных аналитических инструментов, позволяющих проводить более комплексную и стратегически ориентированную оценку.

Традиционные методы оценки эффективности инвестиций основаны на ряде допущений, которые в реальной практике часто не выполняются [5]:

1. Статичность и пассивность. Методы NPV и IRR предполагают, что после принятия инвестиционного решения его параметры остаются неизменными. Они не учитывают возможность менеджмента адаптировать проект к меняющимся внешним условиям: отсрочить запуск, расширить производство при благоприятной конъюнктуре или вовсе отказаться от него при негативном сценарии. Эта способность к адаптации известна как «управленческая гибкость».

2. Игнорирование стратегических выгод. Классические модели фокусируются на прямых денежных потоках от проекта. При этом они упускают из виду косвенные выгоды, такие как выход на новый рынок, захват доли рынка у конкурента, получение доступа к новым технологиям или создание синергетического эффекта с другими активами компании.

3. Неадекватный учет риска. Попытки учесть риск через увеличение ставки дисконтирования (премия за риск) являются грубым инструментом. Этот подход предполагает, что риск постоянен на протяжении всего жизненного цикла проекта, что редко соответствует действительности. Кроме того, он приводит к двойному счету риска, так как риск уже заложен в прогнозные денежные потоки.

4. Краткосрочный горизонт планирования. Акцент на максимизации NPV может приводить к отказу от проектов с положительной, но невысокой в краткосрочной перспективе отдачей в пользу проектов, генерирующих быструю прибыль, но имеющих негативные долгосрочные последствия.

Таким образом, можно заключить, что в современных условиях опора исключительно на традиционные методы оценки приводит к принятию субоптимальных инвестиционных решений. Для адекватного отражения реальной ценности проектов и повышения качества стратегического планирования необходимо развитие и интеграция в практику более совершенных инструментов.

К таким инструментам относятся метод реальных опционов для учёта гибкости, сценарный анализ и имитационное моделирование (например, метод Монте-Карло) для адекватной оценки рисков, а также комплексный портфельный подход для анализа стратегических выгод и синергетических эффектов. Переход от статичных финансовых моделей к комплексным системам оценки является ключевым направлением развития методологии инвестиционного анализа.

Эти недостатки указывают на необходимость перехода от чисто финансовой оценки к комплексной системе, учитывающей многомерность современного бизнеса.

Для преодоления указанных ограничений предлагается развивать методологию оценки по следующим направлениям [3]:

Подход, предложенный Нортоном и Капланом, позволяет оценить проект не только с финансовой точки зрения, но и по другим перспективам:

- Клиентская перспектива: Как проект повлияет на удовлетворенность клиентов, узнаваемость бренда, долю рынка?
- Перспектива внутренних бизнес-процессов: Какие процессы будут оптимизированы? Повысится ли производительность труда, снизятся ли издержки?
- Перспектива обучения и роста: Как реализация проекта скажется на квалификации персонала, корпоративной культуре, инновационном потенциале компании?

Этот подход является одним из наиболее мощных инструментов для преодоления главного недостатка классических методов — их узкой финансовой направленности.

В то время как *NPV* и *IRR* отвечают на вопрос «Принесёт ли проект деньги?», система сбалансированных показателей помогает ответить на более широкий и стратегически важный вопрос: «Как этот проект поможет нам реализовать нашу стратегию и создать ценность в долгосрочной перспективе?».

Интеграция системы сбалансированных показателей в процесс оценки инвестиций позволяет [10]:

1. Обосновать стратегические проекты: Дать количественную и качественную оценку проектам, которые не проходят фильтр по классическим финансовым критериям, но являются критически важными для будущего компании.

2. Связать проекты со стратегией: Убедиться, что каждый инвестиционный проект вносит вклад в достижение долгосрочных стратегических целей, а не просто направлен на получение краткосрочной прибыли.

3. Создать комплексную картину: Предоставить руководству многомерный, а не одномерный (финансовый) взгляд на потенциальный вклад проекта в успех компании.

Таким образом, BSC не заменяет NPV, а дополняет его, превращая оценку инвестиций из чисто финансовой задачи в стратегическую.

Теория реальных опционов является прямым аналогом финансовых опционов и позволяет количественно оценить ту самую «управленческую гибкость», которую игнорирует NPV. Менеджмент получает набор прав, аналогичных колл-опциону (право на расширение), пут-опциону (право на отказ/закрытие) или опциону на отсрочку.

Применение этого подхода особенно актуально для проектов с высоким уровнем неопределенности и значительными необратимыми затратами (например, НИОКР, освоение новых месторождений). Он позволяет сместить акцент с пассивного ожидания реализации прогнозного сценария на активное управление проектом для максимизации его ценности.

Растущее влияние экологических, социальных и управленческих (Environmental, Social, Governance — ESG) факторов требует их включения в систему оценки. Игнорирование этих аспектов несет в себе серьезные риски: репутационные потери, штрафы со стороны регуляторов, снижение лояльности потребителей и трудности с привлечением финансирования [5].

Оценка должна включать анализ влияния проекта на окружающую среду, условия труда, отношения с местным сообществом и качество корпоративного управления. Положительный ESG-профиль проекта может стать источником дополнительных выгод, таких как доступ к "зеленым" кредитам по сниженным ставкам и повышение инвестиционной привлекательности компании.

Вместо простого увеличения ставки дисконтирования необходимо использовать более точные методы [8]:

- Сценарный анализ: Разработка нескольких (оптимистичного, пессимистичного и наиболее вероятного) сценариев развития событий и оценка NPV для каждого из них.
- Анализ чувствительности: Определение степени влияния ключевых входных параметров (объем продаж, цена, себестоимость) на итоговый показатель эффективности.
- Имитационное моделирование (метод Монте-Карло): Позволяет построить распределение вероятностей для NPV проекта, учитывая корреляцию между различными факторами риска, что дает менеджменту полное представление о диапазоне возможных исходов.

В совокупности применение этих методов позволяет руководству компании перейти от бинарного решения «принять/отклонить» к более гибкому и информированному управлению. Вместо одного статичного значения NPV менеджмент получает вероятностную оценку успеха, что позволяет не только лучше понять профиль риска проекта, но и разработать превентивные стратегии и планы действий на случай реализации неблагоприятных сценариев. Таким образом, комплексный анализ рисков становится не просто формальной процедурой, а действенным инструментом стратегического управления.

Проведенный анализ показывает, что классическая методология оценки экономической эффективности инвестиционных проектов нуждается в существенном развитии. Переход к комплексной модели, интегрирующей финансовые и нефинансовые показатели, инструменты оценки рисков и теорию реальных опционов, является объективной необходимостью.

Проведённый в работе анализ эволюции методологических подходов к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов позволяет сделать ряд ключевых выводов. Классические методы, основанные на дисконтированных денежных потоках (NPV, IRR), несмотря на свою фундаментальную значимость, в современных экономических реалиях демонстрируют ряд существенных ограничений. Их статичность, неспособность адекватно учесть управленческую гибкость и игнорирование косвенных стратегических выгод становятся барьером для принятия по-настоящему эффективных инвестиционных решений [3].

В качестве ответа на вызовы времени предложена концепция комплексной, или интегрированной, модели оценки. Её суть заключается в синтезе традиционных финансовых инструментов с передовыми методами анализа и управления. В частности, интеграция системы сбалансированных показателей (BSC) позволяет оценить проект через призму стратегических целей компании, выходя за рамки чисто финансовых метрик. Применение теории реальных опционов (ROV) даёт возможность количественно измерить и капитализировать «управленческую гибкость», превращая неопределённость из угрозы в ресурс.

Кроме того, совершенствование инструментария анализа рисков через сценарное моделирование и метод Монте-Карло обеспечивает более глубокое понимание вероятностного характера будущих результатов. Наконец, включение в систему оценки *ESG*-факторов и других нефинансовых эффектов отражает растущую значимость социальной и экологической ответственности бизнеса для его долгосрочной устойчивости и стоимости.

Таким образом, развитие методологии оценки должно быть направлено не на отказ от проверенных временем финансовых критериев, а на их дополнение и обогащение инструментами стратегического менеджмента и риск-анализа. Переход к такой комплексной парадигме позволяет не просто констатировать сиюминутную прибыльность проекта, а оценивать его совокупный вклад в создание долгосрочной ценности и обеспечение устойчивого роста компании в условиях высокой турбулентности внешней среды. Это является необходимым условием для повышения качества корпоративного управления и инвестиционной привлекательности в XXI веке.

Литература

1. Бланк, И. А. Управление инвестициями предприятия / И. А. Бланк. — К.: Эльга, Ника-Центр, 2019. — 480 с.
2. Виленский, П. Л., Лившиц, В. Н., Смоляк, С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учебное пособие / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. — М.: Дело, 2018. — 1104 с.
3. Дамодаран, А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов / Асват Дамодаран. — 11-е изд. — М.: Альпина Паблишер, 2023. — 1320 с.
4. Каплан, Р. С., Нортон, Д. П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. — М.: Олимп-Бизнес, 2017. — 320 с.
5. Коупленд, Т., Коллер, Т., Муррин, Дж. Стоимость компаний: оценка и управление / Т. Коупленд, Т. Коллер, Дж. Муррин. — 6-е изд. — М.: Олимп-Бизнес, 2020. — 576 с.
6. Лимитовский, М. А. Инвестиционные проекты и реальные опционы: Учебно-практическое пособие / М. А. Лимитовский. — 5-е изд. — М.: Юрайт, 2021. — 486 с.
7. Теплова, Т. В. Инвестиции: Учебник для вузов / Т. В. Теплова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2022. — 408 с.
8. Серов, В. М., Тихонов, Ю. П. Развитие методологии оценки экономической эффективности инвестиционных проектов // Журнал экономической теории. – 2021. – Т. 18. – №3. – С. 433-447.
9. Серов, В.М., Тихонов, Ю.П. О составляющих фактора времени и их учете в расчетах экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика строительства. – 2019. – №6 (60). – С. 24–37.
10. Царев, В.В., Кантарович, А.А. Анализ действующих методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2024. – №2 (3). – С. 91–97.

Development of methodology for assessing the economic effectiveness of investment projects

Evseev N.R.
Synergy University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The article examines modern approaches and identifies key problems in assessing the economic effectiveness of investment projects. The necessity of developing the existing methodology is substantiated due to the dynamism of the market environment, the growing importance of non-financial factors and the digitalization of the economy. The authors critically analyze traditional indicators such as net discounted income (NPV), internal rate of return (IRR) and payback period (PP), with an emphasis on their limitations in conditions of high uncertainty and risk. The implementation of the methodology is proposed as the directions of development.: Balanced Scorecard systems for a comprehensive assessment that takes into account not only financial, but also marketing, operational, human resources and innovative project results. Methods of real options analysis (ROV), allowing to adapt the project to changing external conditions and increase its strategic flexibility. Integration of ESG factors (environmental, social and managerial) into the assessment system for more accurate forecasting of long-term sustainability and reputational benefits. Scenario modeling and sensitivity analysis for quantifying risks and developing strategies to minimize them. The paper concludes that the synthesis of classical financial methods with modern tools of strategic management and risk analysis makes it possible to form a more relevant and reliable methodology. This, in turn, contributes to making more informed investment decisions and increasing their contribution to the growth of the company's value in the long term.

Keywords: investment project, economic efficiency, investment assessment, net discounted income (NPV), internal rate of return (IRR), payback period (PP), risk, uncertainty, valuation methodology, Balanced Scorecard, real options analysis (ROV), ESG factors, scenario modeling sensitivity analysis.

References

1. Blank, I. A. Investment management of the enterprise / I. A. Blank. — K.: Elga, Nika-Center, 2019. — 480 p.
2. Vilensky, P. L., Livshits, V. N., Smolyak, S. A. Evaluation of the effectiveness of investment projects: Theory and practice: A textbook / P. L. Vilensky, V. N. Livshits, S. A. Smolyak. — M.: Delo, 2018. — 1104 p.
3. Damodaran, A. Investment assessment: Tools and methods for evaluating any assets / Aswat Damodaran. - 11th ed. — Moscow: Alpina Publisher, 2023. — 1320 p.
4. Kaplan, R. S., Norton, D. P. Balanced scorecard. From strategy to action / R. S. Kaplan, D. P. Norton. Moscow: Olymp-Biznes, 2017. 320 p.
5. Copeland, T., Koller, T., Murrin, J. The value of companies: assessment and management / T. Copeland, T. Koller, J. Murrin. — 6th ed. — M.: Olympus-Business, 2020. — 576 p.
6. Limitovsky, M. A. Investment projects and real options: An educational and practical guide / M. A. Limitovsky. — 5th ed. — Moscow: Yurait, 2021. — 486 p.
7. Teplova, T. V. Investments: A textbook for universities / T. V. Teplova. — 2nd ed., ispr. and add. — M.: Yurayt, 2022. — 408 p.
8. Serov, V. M., Tikhonov, Yu. P. Development of methodology for assessing the economic effectiveness of investment projects // Journal of Economic Theory. – 2021. – Vol. 18. – No. 3. – pp. 433-447.
9. Serov, V.M., Tikhonov, Yu.P. On the components of the time factor and their consideration in calculating the economic efficiency of investment and construction projects // Economics of construction. – 2019. – №6 (60). – Pp. 24-37.
10. Tsarev, V.V., Kantarovich, A.A. Analysis of current methodological recommendations for evaluating the effectiveness of investment projects. Vestnik INJEKONa. Series: Economics. – 2024. – №2 (3). – Pp. 91-97.

Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля в условиях рыночной неопределённости

Игнатиков Григорий Сергеевич
магистрант, дилер операций на валютных рынках, ООО «БКС-Форекс», ignatikov.gs@gmail.com,

Попова Тамара Александровна
кандидат экономических наук доцент, НГУЭУ,
popova.tamara1985@gmail.com

Классические подходы к управлению инвестиционным портфелем теряют эффективность в периоды финансовой нестабильности, когда распределения доходностей становятся асимметричными, а корреляции между активами резко возрастают. В работе предложена методика динамической оптимизации портфеля, основанная на максимизации коэффициента Омега в качестве целевой функции генетического алгоритма. Оптимизация проводится на скользящем окне длиной 30 торговых дней. В портфель включены семь биржевых инвестиционных фондов, охватывающих защитные, рисковые и волатильные активы американского рынка. Эмпирическая проверка проведена на двух кризисных периодах — глобальном финансовом кризисе 2008 года и пандемии 2020 года. В обоих случаях разработанная стратегия обеспечила более высокую доходность, меньшую волатильность и меньшую максимальную просадку относительно индекса S&P 500.
Ключевые слова: генетический алгоритм, рыночная неопределённость, коэффициент Омега, оптимизация портфеля, актив на волатильность.

Введение

Активное развитие финансовых рынков в условиях глобальных экономических шоков, пандемий, геополитических кризисов и резких изменений макроэкономической политики ставит перед инвесторами и управляющими портфелями задачу построения стратегий, способных адаптироваться к меняющимся рыночным режимам. Традиционные подходы к портфельной оптимизации, основанные на модели Марковица и коэффициенте Шарпа, предполагают стационарность распределения доходностей, нормальность и устойчивость волатильности. За последние десятилетия были зафиксированы два масштабных шока: мировой финансовый кризис 2008 года и пандемия 2020 года. Оба сопровождались экстремальной волатильностью, смещением распределений доходностей в сторону тяжёлых хвостов и снижением эффективности классических моделей. Это обусловливает необходимость разработки динамических стратегий, в которых состав портфеля пересматривается с учётом текущих рыночных условий.

Современные исследования всё чаще обращаются к методам, учитывающим тяжелые хвосты и асимметрию распределения доходностей. В этом контексте особое значение приобретает коэффициент Омега, предложенный Шедвиком и Киттингом в работе «Универсальный показатель эффективности», как более информативная метрика по сравнению с коэффициентом Шарпа, поскольку учитывает все моменты распределения доходности, не делая предположений о нормальности.[2]

В данной работе предлагается методика, объединяющая интегральный индекс неопределённости на основе:

- VIX - индекс волатильности;
- EPU - индекс неопределённости экономической политики;
- HY OAS - спред между высокодоходными и казначейскими облигациями;
- SOFR - ставка гарантированного финансирования овернайт.

Также методика предполагает использование стратегии оптимизации и генетический алгоритм (ГА) для максимизации коэффициента Омега. Цель исследования — разработка и апробация динамической стратегии портфельной оптимизации, способной адаптироваться к кризисным рыночным состояниям. Гипотеза состоит в том, что стратегия, использующая коэффициент Омега как критерий оптимизации в скользящем окне и генетический алгоритм для подбора весов, превосходит традиционные подходы по ключевым метрикам: доходности, максимальной просадке и устойчивости к экстремальным событиям.

Для достижения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- разработать алгоритм портфельной оптимизации на основе генетического алгоритма с учетом заданных ограничений;
- провести апробацию предложенной стратегии на данных кризисных периодов;
- сравнить результаты разработанной стратегии с динамикой рыночного индекса S&P 500;
- оценить устойчивость стратегии на основе анализа доходности, коэффициента Омега, волатильности, максимальной просадки.

Данное исследование отличается от предшествующих работ тем, что предлагается авторская методика оптимизации портфеля, которая представляет собой синтез генетического алгоритма, максимизации коэффициента Омега, активного управления и стратегического хеджирования через включение в портфель актива на волатильность.

Основная часть

Эмпирическая база исследования сформирована на основе исторических рыночных данных по ETF различных классов активов. Объектом наблюдения выступает совокупность активов, включённых в портфель: облигации (TLT, IEF), золото (GLD), акции (SPY, QQQ), сырьё (DBC) и волатильность (VXX). Данные по ценам загружены с использованием библиотеки yfinance за период с 28 мая 2008 года по 11 декабря 2008 года и с 10 марта 2020 года по 27 мая 2020 года. В ходе анализа фокусируется на кризисных периодах, охватывающих пик пандемии и глобального финансового кризиса, когда индекс VIX достигал значений выше 60, а рынки столкнулись с экстремальной нестабильностью.

В основе методологии лежит скользящая оптимизация портфеля с периодом окна 30 дней, что позволяет учитывать недавнюю динамику и

адаптироваться к изменениям. Для оптимизации портфеля на основе исторических данных используется период окна в 30 дней, то есть используются данные только за последние 30 дней. На каждом шаге оптимизации строится портфель с использованием генетического алгоритма, настроенного на максимизацию коэффициента Омега.

Коэффициент Омега определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{\sum_{r_i>0}^{n} r_i}{\sum_{r_i<0}^{n} |r_i|} \quad (1)$$

$$r_i = \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij} \quad (2)$$

где r_i – доходность портфеля в день i;

r_{ij} – доходность актива j в день i;

w_j – вес актива j в портфеле;

n – количество активов в портфеле.

Коэффициент Омега отражает отношение положительных доходностей к отрицательным относительно порогового значения. Значение Омега больше единицы означает, что суммарные прибыли превышают суммарные убытки. В предложенной методике Омега выступает целевой функцией генетического алгоритма, что позволяет учитывать асимметричное распределение доходностей при поиске оптимальных весов портфеля.

Генетический алгоритм относится к классу эволюционных методов оптимизации и применяется для задач с большим числом переменных и нелинейными ограничениями. В задачах портфельной оптимизации он позволяет находить решения без предположений о гладкости целевой функции.

Для построения ГА используются следующие параметры:

- Размер популяции: 150 особей;
- Количество поколений: 100;
- Вероятность скрещивания: 0.5;
- Вероятность мутации: 0.2;

Популяция, полученная в результате отбора, делится на две части. Каждая образовавшаяся пара подвергается скрещиванию с определенной вероятностью 0,5. В литературе описано множество различных типов скрещивания, например: одноточечное скрещивание, двухточечное скрещивание и арифметическое скрещивание. В данном исследовании используется арифметическое скрещивание. При скрещивании параметры вычисляются, как среднее арифметическое двух наборов скрещиваемых параметров.

После скрещивания особи в популяции подвергаются процессу мутации. Этот процесс заключается в случайном изменении некоторых параметров с определенной вероятностью 0,2. Генетические алгоритмы более гибкие, чем большинство методов поиска, поскольку они требуют только информации о качестве решения, получаемого каждым набором параметров, а многие методы оптимизации требуют информации о производных или полного знания структуры задачи и параметров. Оператор мутации необходим для того, чтобы поддерживать разнообразие особей в популяции.

Ключевым элементом методики является механизм ремонта весов, который гарантирует выполнение следующих ограничений:

- Только лонг-позиции;
- Веса, полученные на дату *t*, применяются для расчёта доходности на дату t+1, что имитирует реальные условия исполнения сделок.

В ходе исследования была проведена апробация предложенной методики оптимизации портфеля с использованием коэффициента Омега и генетического алгоритма. Анализ проводился на двух кризисных периодах — май-ноябрь 2008 года и март-май 2020 года, что позволило проверить устойчивость стратегии в различных условиях внешних шоков. Расчеты проводились с использованием языка программирования Python.

На рисунке 1 показана кумулятивная доходность стратегии и динамика Омеги на примере кризиса 2008 года.

Рисунок 1 — Результаты стратегии в период кризиса 2008 года

Кривая кумулятивной доходности демонстрирует характерную структуру, отражающую этапы кризиса и последующего восстановления. В первые недели наблюдается резкое падение, достигающее минимума в двадцатый день, когда доходность снижается на четырнадцать процентов. Этот спад совпадает с пиком волатильности на рынке, когда индекс VIX превысил шестьдесят единиц. В этот момент стратегия активно реагирует на повышение рисков, что отражается в изменениях структуры портфеля. Восходящий тренд, начавшийся с сентября, показывает устойчивое восстановление, и к концу периода доходность составляет 3,23%. С увеличением количества поступающих данных стратегия показывает заметное улучшение доходности и коэффициента Омега. Этот рост свидетельствует о том, что соотношение между прибыльными и убыточными днями улучшается с каждым днем, что подтверждает эффективность оптимизации.

На рисунке 2 представлена кумулятивная доходность стратегии и динамика Омеги на примере пандемии 2020 года.

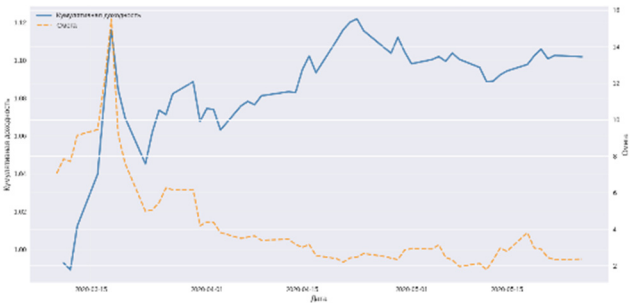


Рисунок 2 — Результаты стратегии в период пандемии 2020 года

Проведенный анализ демонстрирует более выраженную устойчивость портфеля. Несмотря на кризисные изменения на рынке, стратегия после снижения постепенно возвращается к росту. Коэффициент Омега демонстрирует значения выше 1 на протяжении всего периода, что указывает на улучшение качества распределения доходностей стратегии, то есть на преобладание благоприятных исходов над неблагоприятными. Это позволяет сделать вывод о высокой адаптивности предложенного подхода к экстремальным изменениям рыночной среды.

S&P 500 используется в качестве эталона, так как отражает динамику широкого рынка США. Сравнение с ним позволяет понять, насколько предложенная стратегия эффективнее обычного рыночного инвестирования. Для оценки результатов стратегии были рассчитаны показатели, характеризующие как доходность, так и риск портфеля. В частности, использовались общая доходность за период, средняя дневная доходность, дневная волатильность, коэффициенты Шарпа и Омега, максимальная просадка. Применение данных показателей позволило провести комплексную оценку стратегии и сопоставить ее результаты с S&P 500 не только по уровню доходности, но и по степени устойчивости в условиях рыночного стресса. В таблице 1 представлено сравнение показателей стратегии с индексом S&P 500 в период кризиса 2008 года.

Таблица 1

Сравнение показателей стратегии с индексом S&P 500 в период кризиса 2008 года

Показатели	Авторская стратегия	S&P 500	Разница
Общая доходность	3.23%	-34.61%	37.84%
Средняя дневная доходность	0.04%	-0.26%	0.3%
Волатильность (дневная)	1.66%	3.304%	-1.64%
Коэффициент Шарпа	0.35	-1.23	1.58
Коэффициент Омега	1.07	0.8	0.27
Максимальная просадка	16.3%	45.83%	-29.53%

Из данных видно, что предложенная стратегия обеспечила положительную совокупную доходность 3,23%, тогда как индекс S&P 500 продемонстрировал значительное снижение на 34,61%. Разница в результатах составила 37,84%, что свидетельствует о высокой защитной способности стратегии в условиях кризиса. Кроме того, стратегия характеризуется более низкой дневной волатильностью и меньшей максимальной просадкой. Значения коэффициентов Шарпа и Омега также подтверждают преимущество предложенного подхода: стратегия имеет положительный коэффициент Шарпа и более высокий коэффициент Омега по сравнению с рыночным индексом. Это позволяет сделать вывод о том, что в кризисный период 2008 года стратегия оказалась не только более доходной, но и менее рискованной.

В таблице 2 представлено сравнение показателей стратегии с индексом S&P 500 в период пандемии 2020 года.

Таблица 2
Сравнение показателей стратегии с индексом S&P 500 в период пандемии 2020 года

Показатели	Авторская стратегия	S&P 500	Разница
Общая доходность	10.17%	4.31%	5.86%
Средняя дневная доходность	0.19%	0.15%	0.04%
Волатильность (дневная)	1.19%	3.67%	-2.48%
Коэффициент Шарпа	2.53	0.63	1.9
Коэффициент Омега	1.6	1.12	0.48
Максимальная просадка	6.34%	18.26%	-11.92%

Совокупная доходность стратегии составила 10,17%, что выше доходности S&P 500, равной 4,31%. При этом стратегия продемонстрировала более низкую дневную волатильность 1,19% против 3,67% и значительно меньшую максимальную просадку 6,34% против 18,26%. Коэффициент Шарпа стратегии существенно превышает показатель S&P 500, а коэффициент Омега 1,6 против 1,12 указывает на более благоприятное соотношение прибыли и риска. Следовательно, в условиях кризиса 2020 года стратегия показала лучшие результаты как по доходности, так и по показателям устойчивости.

Таким образом, результаты наглядно подтверждают, что разработанная стратегия портфельной оптимизации, основанная на максимизации коэффициента Омега с использованием генетического алгоритма, обладает высокой адаптивностью к кризисным рыночным условиям. По сравнению с рыночным индексом S&P 500 стратегия обеспечивает более высокую доходность, меньшую волатильность и более низкую максимальную просадку, что свидетельствует о ее практической ценности для управления портфелем в условиях повышенной неопределенности.

Результаты исследования

Полученные результаты подтверждают гипотезу: оптимизация с использованием Омеги и ГА эффективна в условиях кризиса. Стратегия не только избегает самых глубоких просадок, но и показывает способность к восстановлению, за счёт диверсификации и активного использования хеджирующих активов. Использование VXX как инструмента хеджирования, хотя и рискованное, в данном случае оправдано.

Разработанная и проверенная на кризисных периодах методика оптимизации портфеля с использованием коэффициента Омега демонстрирует высокую эффективность в условиях волатильности. Исследование показало, что стратегия, основанная на генетическом алгоритме и максимизации Омеги в скользящем окне, превосходит индекс S&P 500 по ключевым метрикам:

- общей доходности;
- максимальной просадке;
- устойчивости к экстремальным событиям.

Разработанная стратегия, основанная на использовании коэффициента Омега в качестве целевой функции и генетического алгоритма для подбора весов активов, продемонстрировала способность адаптироваться к периодам рыночной неопределенности. Повышенные значения коэффициента Омега подтверждают более благоприятное соотношение между прибыльными и убыточными исходами, что особенно важно в периоды финансовых шоков.

Результаты могут быть использованы для разработки инструментов автоматического управления портфелями, в том числе в рамках алгоритмических стратегий. Перспективы дальнейших исследований связаны с формализацией интегрального индекса неопределенности и тестированием стратегии на других временных интервалах.

Литература

1. Каратаев, А. С. Стратегии инвестирования в условиях волатильности и неопределенности / А. С. Каратаев, Д. С. Бондарев // Инновационное развитие экономики. – 2023. – № 4(76). – С. 76-81. – DOI 10.51832/222379842023476. – EDN FRYBEI.
2. Con Keating and William F. Shadwick, A Universal Performance Measure; The Finance Development Centre 2002
3. Chinnaraja Chendurpandian, Piyush Pandey Performance of volatility asset as hedge for investor's portfolio against stress events: COVID-19 and the 2008 financial crisis // IIMB Management Review. — №34.
4. Hans Lööf, Maziar Sahamkhadam, Andreas Stephan, Is Corporate Social Responsibility investing a free lunch? The relationship between ESG, tail risk, and upside potential of stocks before and during the COVID-19 crisis, Finance Research Letters, Volume 46, Part B, 2022, 102499, ISSN 1544-6123, https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102499.
5. Kovalenko, I., Conlon, T. & Cotter, J. Active portfolio management using robust optimization. Annals of Operations Research (2025). https://doi.org/10.1007/s10479-025-06757-8
6. Markowitz Harry, 1952. "Portfolio Selection," Journal of Finance, American Finance Association, vol. 7(1), pages 77-91
7. Ramesh, Shietal & Low, Rand Kwong Yew & Faff, Robert, 2025. "Modelling time-varying volatility spillovers across crises: Evidence from major commodity futures and the US stock market," Energy Economics, Elsevier, vol. 143(C).
8. Sharpe, William F. "The Sharpe Ratio (Fall 1994)". Streetwise: The Best of The Journal of Portfolio Management, Princeton University Press, 2021, pp. 169-178.
9. Slimane Sefiane, Mohamed Benbouziane, Portfolio Selection Using Genetic Algorithm // Journal of Applied Finance & Banking, — 2012, — С. 143 – 154
10. Wade Gunning, Gary Vuuren, 263- 280 Optimal omega-ratio portfolio performance constrained by tracking error // Investment Management and Financial Innovations — 2020, — С. 263 – 280.
11. yahoo!finance, котировки и финансовые новости [Электронный ресурс] — URL: https://finance.yahoo.com/ (дата обращения: 05.05.2026).

Dynamic Optimization of an Investment Portfolio in Conditions of Market Uncertainty

Ignatikov G.S., Popova T.A.
BCS-Forex LLC, NSUEM

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

Traditional approaches to investment portfolio management lose their effectiveness during periods of financial instability, when return distributions become asymmetric and correlations between assets rise sharply. This paper proposes a method for dynamic portfolio optimization based on maximising the Omega ratio as the objective function of a genetic algorithm. Optimization is carried out over a rolling window of 30 trading days. The portfolio comprises seven exchange-traded funds covering defensive, risky and volatile assets on the US market. Empirical testing was carried out over two crisis periods: the 2008 global financial crisis and the 2020 pandemic. In both cases, the developed strategy delivered higher returns, lower volatility and a smaller maximum drawdown relative to the S&P 500 index.

Keywords: genetic algorithm, market uncertainty, Omega ratio, portfolio optimization, volatility asset.

References

1. Karataev, A. S. Investment Strategies in Conditions of Volatility and Uncertainty / A. S. Karataev, D. S. Bondarev // Innovative Development of the Economy. - 2023. - No. 4 (76). - Pp. 76-81. - DOI 10.51832/222379842023476. - EDN FRYBEI.
2. Con Keating and William F. Shadwick, A Universal Performance Measure; The Finance Development Centre 2002
3. Chinnaraja Chendurpandian, Piyush Pandey Performance of Volatility Asset as a Hedge for Investor's Portfolio against Stress Events: COVID-19 and the 2008 Financial Crisis // IIMB Management Review. - No. 34.
4. Hans Lööf, Maziar Sahamkhadam, Andreas Stephan, Is Corporate Social Responsibility investing a free lunch? The relationship between ESG, tail risk, and upside potential of stocks before and during the COVID-19 crisis, Fi-nance Research Letters, Volume 46, Part B, 2022, 102499, ISSN 1544-6123, https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102499.
5. Kovalenko, I., Conlon, T. & Cotter, J. Active portfolio management using robust optimization. Annals of Operations Research (2025). https://doi.org/10.1007/s10479-025-06757-8
6. Markowitz Harry, 1952. "Portfolio Selection," Journal of Finance, American Finance Association, vol. 7(1), pages 77-91
7. Ramesh, Shietal & Low, Rand Kwong Yew & Faff, Robert, 2025. “Modeling time-varying volatility spillovers across crises: Evidence from major commodity futures and the US stock market,” Energy Economics, Elsevier, vol. 143(C).
8. Sharpe, William F. "The Sharpe Ratio (Fall 1994)." Streetwise: The Best of The Journal of Portfolio Management, Princeton University Press, 2021, pp. 169-178.
9. Slimane Sefiane, Mohamed Benbouziane, "Portfolio Selection Using a Genetic Algorithm" // Journal of Applied Finance & Banking, 2012, pp. 143-154
10. Wade Gunning, Gary Vuuren, "Optimal omega-ratio portfolio performance constrained by tracking error" // Investment Management and Financial Innovations, 2020, pp. 263-280.
11. Yahoo! Finance, quotes and financial news [Electronic resource] — URL: https://finance.yahoo.com/ (accessed: 05.05.2026).

Механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства в регионе

Овсянко Лидия Александровна
Красноярский государственный аграрный университет, Lidiya-ovs@mail.ru,

Москаленко Сергей Викторович
Красноярский государственный аграрный университет, moskalenkosv@list.ru

В статье рассмотрены факторы, определяющие инвестиционную привлекательность сельскохозяйственного производства Красноярского края, и предложен механизм ее повышения с учетом пространственной, институциональной и экономической специфики региона. На основе теоретического и эмпирического анализа установлено, что инвестиционная активность в аграрном секторе края сдерживается совокупностью разнородных ограничений, среди которых особое значение имеют фрагментарность действующих инструментов регулирования, высокая территориальная дифференциация производственного потенциала, неравномерность инвестиционных потоков, сложность доступа к земельным и финансовым ресурсам, а также значительные климатические риски. Обосновано, что действующая система поддержки в большей степени ориентирована на обеспечение текущей деятельности хозяйств и недостаточно способствует формированию устойчивых условий для долгосрочного привлечения инвестиций.

Предлагаемый механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных организационных, экономических, технологических и пространственных решений, направленных на снижение инвестиционных рисков, повышение эффективности использования ресурсов и создание благоприятной среды для реализации инвестиционных проектов. В структуре механизма выделены субъектный состав, организационный механизм, объектный состав и ожидаемые результаты. Организационная часть включает четыре блока: институционально-организационный, финансово-экономический, инфраструктурно-технологический и ресурсно-территориальный.

Установлено, что реализация предложенного механизма позволит повысить прозрачность инвестиционной среды, снизить транзакционные издержки, расширить доступ сельскохозяйственных товаропроизводителей к финансовым инструментам, обеспечить более эффективное распределение бюджетной поддержки, а также адаптировать региональную аграрную политику к объективным различиям сельскохозяйственных зон Красноярского края. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предложенных решений при совершенствовании региональной политики управления инвестициями в аграрном секторе.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, сельское хозяйство, аграрный сектор, регион, Красноярский край, инвестиции, государственная поддержка, инфраструктура, территориальная дифференциация, механизм управления.

Введение

Инвестиционная привлекательность сельскохозяйственного производства выступает одним из ключевых условий устойчивого развития аграрного сектора региона, поскольку именно инвестиции обеспечивают модернизацию производственной базы, внедрение новых технологий, расширение инфраструктуры и повышение конкурентоспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Для регионов с выраженной природно-климатической и пространственной неоднородностью проблема формирования устойчивой инвестиционной среды приобретает особую значимость, так как эффективность вложения капитала определяется не только общеэкономическими параметрами, но и территориальными особенностями, уровнем обеспеченности инфраструктурой, доступностью ресурсов и качеством государственного регулирования. Это подтверждается и динамикой сельского хозяйства Красноярского края: в 2019–2024 гг. объем инвестиций в основной капитал в отрасли увеличился с 5631,8 до 13157,4 млн руб., то есть более чем в 2,3 раза, однако данный рост не сопровождался сопоставимым повышением эффективности производства. Так, при увеличении стоимости продукции сельскохозяйственных организаций с 49879,0 до 71230,9 млн руб. рентабельность без учета субсидий снизилась с 14,9 до 4,8 %, что свидетельствует о сохранении структурных ограничений инвестиционного развития [8].

Красноярский край представляет собой один из наиболее сложных в этом отношении субъектов Российской Федерации. С одной стороны, регион обладает значительным сельскохозяйственным потенциалом, что подтверждается масштабами производства: в 2024 г. стоимость продукции сельского хозяйства всех категорий составила 123827,8 млн руб., в том числе 62921,9 млн руб. пришлось на растениеводство и 60905,8 млн руб. — на животноводство. С другой стороны, большая протяженность территории, низкая плотность населения в ряде районов, различия в обеспеченности транспортной и инженерной инфраструктурой, неоднородность производственного потенциала и высокий уровень климатических рисков существенно ограничивают инвестиционную активность в отрасли. Дополнительным ограничивающим фактором выступает демографическая ситуация: доля сельского населения в Красноярском крае сократилась с 21,1 % в 2020 г. до 20,2 % в 2024 г., что отражает продолжающийся процесс урбанизации и сужение кадровой базы аграрного сектора [9].

Проведенный анализ показал, что действующие инструменты регулирования и государственной поддержки аграрного сектора региона в значительной мере носят фрагментарный характер. Они ориентированы преимущественно на решение задач текущего функционирования хозяйств, тогда как формирование устойчивых условий для долгосрочного привлечения инвестиций остается недостаточно обеспеченным. Это проявляется в том числе в разнонаправленной динамике отраслевых показателей. Так, в 2019–2024 гг. объем продукции растениеводства сократился с 1894,8 до 1536,0 тыс. т, а урожайность зерновых в 2024 г. составила 22,9 ц/га, что ниже уровня предыдущих лет. Вместе с тем в животноводстве наблюдается более устойчивая динамика: надой молока на одну корову увеличился с 6179 кг в 2019 г. до 7461 кг в 2024 г., или более чем на 20 %. Следовательно, в аграрном секторе региона одновременно сочетаются рост инвестиционных и стоимостных показателей, снижение результативности по ряду направлений растениеводства и выраженная межтерриториальная асимметрия условий хозяйствования [7].

В этих условиях возникает необходимость формирования целостного механизма повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства, который позволял бы объединить существующие инструменты регулирования в системную конструкцию, учитывающую особенности регионального аграрного сектора, пространственную дифференциацию территории и объективные различия потенциала сельскохозяйственных подзон. Разработка такого механизма особенно актуальна в связи с тем, что при сохранении инерционного сценария развития к 2030 г. рентабельность сельскохозяйственных организаций может остаться на уровне 4,8 %, тогда как реализация модернизационного подхода позволяет увеличить ее до 10,4 %, а объем инвестиций в основной капитал — до 39,9 млрд руб. Следовательно, задача повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства Красноярского края имеет не только теоретическое, но и выраженное практическое значение для обеспечения устойчивого развития регионального аграрного сектора.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенного теоретического и эмпирического анализа позволили выявить комплекс разнородных факторов, оказывающих влияние на инвестиционную привлекательность сельскохозяйственного производства Красноярского края. Среди них можно выделить институциональные условия ведения бизнеса, доступность финансовых ресурсов, инфраструктурную обеспеченность территорий, уровень технологического развития, а также природно-климатические характеристики агропроизводственных подзон региона. При этом выявленные в первой и второй главах особенности функционирования отрасли говорят о том, что действующие инструменты регулирования носят фрагментарный характер, ориентированы преимущественно на поддержку текущей деятельности хозяйств и не обеспечивают формирования устойчивых условий для долгосрочного привлечения инвестиций. Среди ограничивающих факторов и проблем развития отрасли можно отметить высокую степень территориальной дифференциации производственного потенциала, неравномерность инвестиционных потоков, сложность доступа к земельным и финансовым ресурсам, отсутствие унифицированных административных процедур и высокие климатические риски. Учитывая вышеизложенное, очевидной становится потребность создания целостной системы управления инвестиционной привлекательностью региона. В этой связи в рамках исследования предлагается рассмотреть механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства, который представляет собой совокупность взаимосвязанных организационных, экономических, технологических и пространственных решений, обеспечивающих снижение инвестиционных рисков, повышение эффективности использования ресурсов и создание благоприятных условий для инициирования и реализации инвестиционных проектов. Стоит отметить, что механизм – это не набор отдельных инструментов, а системно упорядоченная конструкция. Его формирование учитывает специфику регионального аграрного сектора, действующих нормативных ограничениях, уже существующих инфраструктурных и институциональных практиках, а также на объективных различиях потенциала сельскохозяйственных зон региона.

Необходимость создания такого механизма обусловлена целями повышения результативности бюджетных инвестиций, оптимизации потоков государственной поддержки, устранения административных барьеров, формирования прозрачной информационной среды и адаптации аграрной политики к пространственным особенностям региона. На рисунке 1 представлено графическое изображение предлагаемого механизма повышения инвестиционной привлекательности. Он включает в себя 4 основных раздела: субъектный состав, организационный механизм, объектный состав, результаты. Субъектный состав механизма охватывает несколько функционально взаимосвязанных групп участников. Организационный механизм включает в себя задачи и инструменты, представленные по четырем направлениям (блокам): институционально-организационный, финансово-экономический, инфраструктурно-технологический, ресурсно-территориальный. Включение в механизм указанных блоков обусловлено тем, что каждый из них отражает определенную группу факторов, формирующих инвестиционную привлекательность сельскохозяйственного производства в регионе.

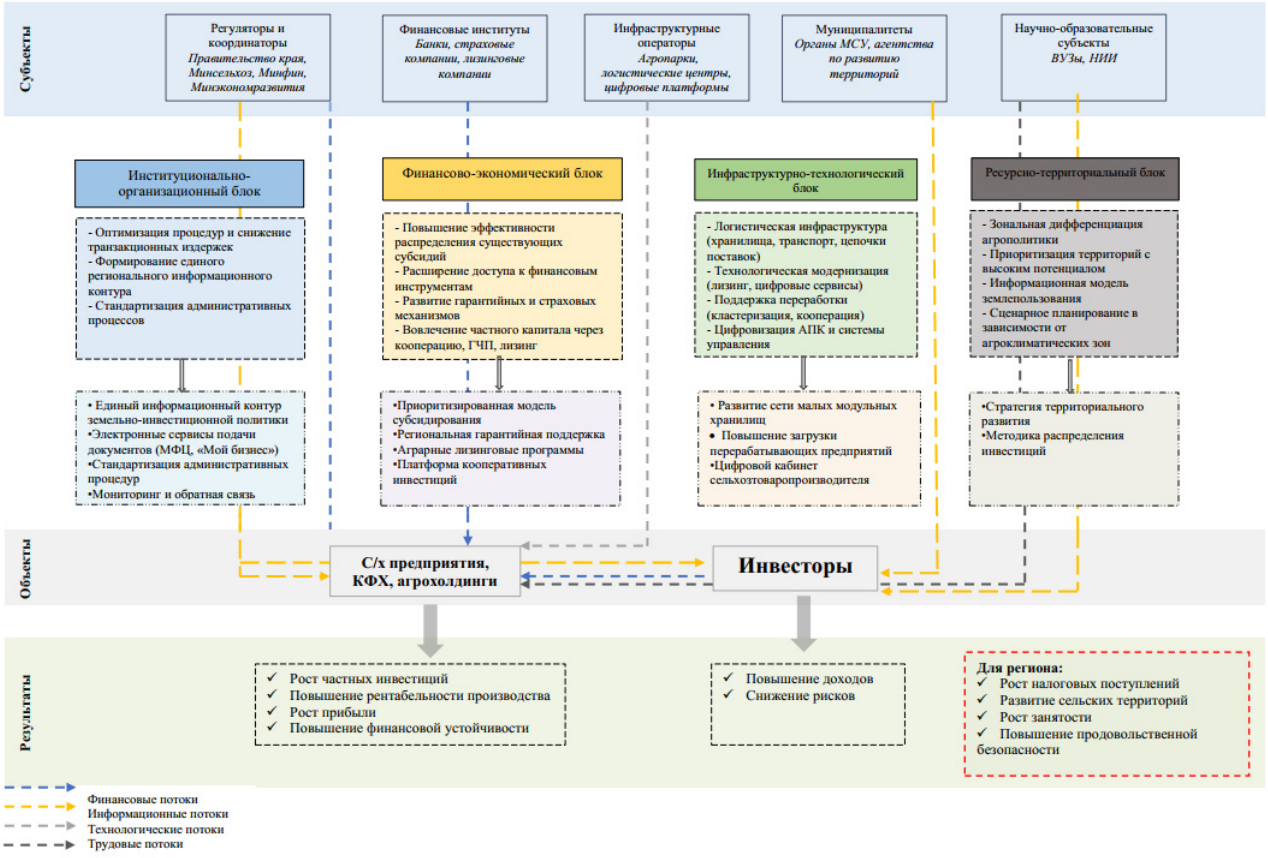


Рисунок 1 – Механизм повышения инвестиционной привлекательности

Субъектный состав механизма охватывает несколько функционально взаимосвязанных групп участников. Координация и стратегическое управление осуществляются органами государственной власти Красноярского края, которые формируют нормативно-правовые условия реализации инвестиционных проектов, определяю приоритетные направления государственной поддержки и обеспечивают распределение бюджетных ресурсов в соответствии с целями аграрной политики региона. Субъекты данной группы также выполняют функции мониторинга эффективности реализуемых мер и корректировки параметров механизма с учетом динамики инвестиционной активности.

Финансовые институты включают в себя банковские организации, страховые и лизинговые компании, гарантийные фонды. Их роль состоит в обеспечении формирования и перераспределения инвестиционного капитала, расширения доступа сельскохозяйственных товаропроизводителей к заемным и инвестиционным ресурсам, а также снижении уровня финансовых и предпринимательских рисков.

Инфраструктурные операторы отвечают за формирование материально-технической основы инвестиционного процесса, обеспечивая развитие логистической, перерабатывающей и складской инфраструктуры, внедрение современных технологических решений и цифровых сервисов, направленных на повышение эффективности производственных и сбытовых процессов.

Органы местного самоуправления и территориальные институты развития выступают посредниками между региональными органами власти и хозяйствующими субъектами. Среди их функций можно выделить локальное сопровождение инвестиционных проектов, предоставление

земельных ресурсов, развитие инженерной и транспортной инфраструктуры, а также учет территориальной специфики при размещении инвестиций.

Высшие учебные заведения и научно-исследовательские институты обеспечивают кадровое, методическое и инновационное сопровождение механизма. Они участвуют в подготовке квалифицированных специалистов, разработке и трансфере агротехнологических решений, а также в формировании аналитической и экспертной базы для принятия инвестиционных решений.

Объектами воздействия механизма являются сельскохозяйственные предприятия, крестьянские (фермерские) хозяйства и агрохолдинги Красноярского края. Они выступают непосредственными получателями инвестиционных ресурсов, инфраструктурной поддержки, технологических решений и институциональных условий, необходимых для модернизации производства и расширения инвестиционной активности.

Перейдем к рассмотрению организационной системы предлагаемого механизма. Она включает в себя 4 основных блока. Институционально-организационный блок механизма повышения инвестиционной привлекательности базируется на анализе действующей региональной системы управления агропромышленным комплексом, выявленных институциональных ограничениях и особенностях нормативно-правовой среды. По данному направлению выявлены следующие ограничения: организационная сложность доступа к ресурсам, фрагментарность управленческих процедур, неоднородность практики муниципалитетов и недостаточная прозрачность механизмов взаимодействия инвестора с органами власти. В условиях Красноярского края эти ограничения усугубляются масштабом территории, низкой плотностью населения в ряде районов и сложной системой административно-территориального деления, что делает институциональное совершенствование ключевой предпосылкой для роста инвестиций.

В последние годы в регионе активно реализуются инициативы, направленные на упрощение взаимодействия бизнеса и власти (в том числе развитие сети платформы «Мой бизнес» и цифровизация отдельных административных процедур). Но в отрасли сельского хозяйства сохраняется значительное институциональное расслоение, которое выражается в различной трактовке норм земельного законодательства, неоднородных требованиях к заявителям субсидий, а также отсутствии единой региональной информационной системы, агрегирующей данные о земельных ресурсах, мерах поддержки и регламентах. Это проявляется, например, в различиях практики применения Закона Красноярского края № 7-2542 от 04.12.2008 «О регулировании земельных отношений в Красноярском крае», где механизмы предоставления земель в аренду фактически интерпретируются муниципалитетами по-разному, что создает институциональную неопределенность для инвесторов.

В этой связи предлагается создание единого информационного контура земельно-инвестиционной политики региона, который может быть интегрирован в уже существующие цифровые платформы («Мой бизнес», АИС «Сельское хозяйство», МФЦ). Такой контур должен включать:

1) реестр свободных и неиспользуемых сельскохозяйственных земель, сформированный на основе данных Росреестра, кадастровой оценки и муниципальных инвентаризаций;

2) сведения о действующих мерах государственной поддержки, реализуемых в соответствии с Постановлениями Правительства края № 826-п, № 842-п и другими;

3) стандартизированные регламенты административных процедур, включая сроки рассмотрения заявок на субсидии, порядок предоставления земельных участков и правила согласования инвестиционных проектов.

Стоит отметить, что реализация данного проекта не требует изменений федерального законодательства или значительного финансирования, поскольку основана на систематизации уже имеющихся данных и использовании существующих цифровых каналов обслуживания. Главная цель – снизить информационную асимметрию, которая на сегодняшний день является источником значительных транзакционных издержек в аграрном секторе.

Следующим направлением институционально-организационного блока является стандартизация и унификация административных процедур. Исследование показало, что сроки рассмотрения заявок на субсидии или предоставление земельных участков могут различаться кратно между муниципальными образованиями. Стандартизация регламентов, разработка типовых административных процедур и их утверждение распоряжениями Министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края позволит устранить неопределенность и выровнять условия ведения бизнеса. Практика разработки таких регламентов уже была частично реализована при внедрении новой модели предоставления финансовой поддержки в 2023–2024 гг., однако она требует дальнейшего расширения и систематизации.

Отдельно хочется рассмотреть вопрос о предоставлении обратной связи и осуществления мониторинга институциональных барьеров. В Красноярском крае действует инвестиционный уполномоченный и Инвестиционный комитет при Губернаторе, однако аграрные вопросы на нем обсуждаются крайне редко. Учитывая это, предлагается формирование отраслевого институционального мониторинга, включающего регулярный сбор информации о проблемах сельхозтоваропроизводителей, анализ задержек в административных процедурах, выявление дублирующих требований. На основе такого мониторинга формируется перечень «узких мест», устранение которых осуществляется в рамках ежегодной корректировки региональных программ развития АПК.

Региональные особенности Красноярского края, такие как большая территория и низкая плотность населения, ограниченная инфраструктура госуслуг обуславливают необходимость развития сетевых форм организационной поддержки. Это может быть реализовано через консультационные центры на базе районных управлений сельского хозяйства, цифровые горячие линии, дистанционные механизмы подачи документов. Это позволит снизить издержки взаимодействия для хозяйств, находящихся в отдаленных территориях.

В совокупности предлагаемые меры в рамках данного блока позволят снизить транзакционные издержки, унифицировать управленческие действия и повысить прозрачность процессов. Что, в свою очередь, является основой для формирования устойчивых инвестиционных ожиданий и повышения привлекательности аграрного сектора региона.

Минимизации ограничительных факторов, связанных с климатическими различиями и транспортно-логистической разобщенностью, может способствовать развитие кооперации и кластерных форм организации производства. Малые формы хозяйствования, преобладающие в восточных и северных районах края, сталкиваются с ограниченными финансовыми возможностями и высокой себестоимостью продукции. Объединение в кооперативы позволит снизить индивидуальные риски, формировать крупные партии товаров, обеспечивать эффективное использование техники и инфраструктуры, привлекать банковское финансирование на более выгодных условиях. В контексте повышения инвестиционной привлекательности кооперация выступает важным инструментом мобилизации частных инвестиций в условиях ограниченной доступности внешних источников финансирования.

В рамках финансово-экономического блока стоит также рассмотреть аспект управления рисками, связанными с климатическими факторами. Как было выявлено ранее, климатические подзоны края существенно различаются по температурным параметрам, периоду вегетации, влажности, в связи с чем и уровень рисков возникновения засухи или наоборот избыточного увлажнения, резких температурных колебаний также разнится. В этой связи особую значимость приобретает развитие страховых и гарантийных механизмов, способных компенсировать потери и стабилизировать доходность проектов. Речь идет о расширении участия производителей в программах страхования урожая и животных, а также о развитии инструментов страхования доходов и ценовых рисков. Эти меры позволяют снижать неопределенность и повышать прогнозируемость доходов, что критически важно для долгосрочного инвестирования в условиях нестабильного климатического фона.

Инфраструктурно-технологический блок механизма характеризует материальное, технологическое обеспечения, уровень развития логистики. Данные факторы являются значимыми, так как оказывает прямое влияние на рентабельность производства и уровень издержек. Инфраструктурная обеспеченность Красноярского края также неоднородна. На юго-западе региона сеть дорог хорошо развита, плотность перерабатывающих предприятий высока, и бизнес имеет прямой доступ к рыночной сети. Именно в этих районах расположены крупные агрохолдинги региона (ЗАО «Назаровское», ЗАО «Искра», АО «Солгон»). Восточные и северные территории края напротив испытывают дефицит транспортных узлов, логистических центров, хранилищ и объектов энергообеспечения. Длинная логистическая цепочка обуславливает повышение цены на продукции и снижение рентабельности. В связи с этим возникает асимметрия издержек производства между предприятиями разных районов, что непосредственно отражается на инвестиционной привлекательности различных подзон. Для северо-восточных территорий характерно преобладание малых форм хозяйствования.

Одним из инструментов повышения эффективности инфраструктурной среды является развитие сети малых модульных хранилищ, которые обеспечивают сезонное хранение овощей, картофеля и кормов на уровне отдельных производственных кластеров. Модульные хранилища вместимостью до 800 тонн могут разворачиваться на базе существующих

хозяйств, что делает их реализацию более экономичной и оперативной и не предполагает значительных капитальных вложений. Такая практика особенно актуальна для Минусинской котловины, Канского и Ирбейского районов, где предприятия специализируются на овощеводстве и могут сталкиваться с потерями урожая в межсезонье из-за отсутствия мощностей хранения. Создание подобных объектов позволяет снизить долю потерь готового урожая и сформировать локальные центры стабилизации предложения сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, предложенный механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства в Красноярском крае представляет собой многоуровневую систему, объединяющую институциональные, финансово-экономические, инфраструктурно-технологические и ресурсно-территориальные решения, адаптированные к специфике региона. Научная новизна предлагаемого механизма заключается в высокой роли факторов результативности, территориальной дифференциации и управления рисками. В отличие от существующих инструментов, направленных главным образом на поддержку текущей деятельности хозяйств, предложенный механизм формирует институциональные условия для устойчивого инвестиционного процесса, обеспечивая предсказуемость решений, оптимизацию логистических и технологических цепочек и повышение отдачи на вложенный капитал.

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что инвестиционная привлекательность сельскохозяйственного производства Красноярского края формируется под воздействием совокупности институциональных, финансово-экономических, инфраструктурно-технологических и природно-климатических факторов. Выявлено, что действующие инструменты государственного регулирования и поддержки аграрного сектора региона сохраняют фрагментарный характер, ориентированы преимущественно на решение текущих задач хозяйствования и не в полной мере обеспечивают формирование устойчивых условий для долгосрочного привлечения инвестиций. Существенное сдерживающее влияние на инвестиционные процессы оказывают территориальная дифференциация производственного потенциала, неравномерность инвестиционных потоков, затрудненный доступ к земельным и финансовым ресурсам, отсутствие унифицированных административных процедур, а также высокий уровень климатических рисков.

Проведенный анализ позволил обосновать механизм повышения инвестиционной привлекательности сельскохозяйственного производства Красноярского края, включающий институционально-организационный, финансово-экономический, инфраструктурно-технологический и ресурсно-территориальный блоки. Его реализация направлена на снижение транзакционных издержек, повышение прозрачности инвестиционной среды, расширение доступности финансовых инструментов, развитие логистической, перерабатывающей и складской инфраструктуры, внедрение зонально адаптированных технологий, а также более полный учет пространственной неоднородности региона при определении направлений инвестиционной политики. Это создает предпосылки для активизации инвестиционной деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей, повышения эффективности использования ресурсов, снижения рисков и укрепления социально-экономической устойчивости аграрного сектора Красноярского края.

Литература

1. Бабанская А. С., Чукалова М. В. и др. Развитие механизмов государственной поддержки органического сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. 2023. № 9. С. 70-81.
2. Бабкин А.В. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития / А.В. Бабкин, Д.Д. Буркальцева, Д.Г. Костень, Ю.Н.Воробьев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. - 2019.
3. Бондаренко Ю.П. Влияние инвестиций на обновление, износ и эффективность использования основных фондов в сельском хозяйстве регионального пространства России / Ю.П. Бондаренко // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2019.№1. С.10.
4. Васильев С.В. Пути привлечения инвестиций в сельское хозяйство [Текст: электронный] // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2018. – № 12-1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/puti-privlecheniya-investitsiy-v-selskoe-hozyaystvo (дата обращения: 01.09.2025).
5. Инвестиции как фактор повышения эффективности и развития сельскохозяйственного производства / Е. В. Золотоног, С. С. Садакова, А. В. Кондрашова, И. В. Заднепровский // Управление проектами развития сельских территорий : материалы V национальной научно-практической конференции, Краснодар, 11 апреля 2024 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2024. – С. 175-184.
6. Охановская И. И., Барыкина В. А. Инвестиционная привлекательность агропромышленного комплекса Российской Федерации // Вестник СГУГиТ. 2019. Т. 24. № 2. С. 257-275.
7. Сельское хозяйство в России. 2023 : статистический сборник. Москва : Федеральная служба государственной статистики, 2023. 103 с.
8. Суханова И. Ф., Брызгалин Т. В. Экспортный потенциал расширенного воспроизводства продовольствия России в условиях эскалации экономических санкций и ограничений // АПК: экономика, управление. 2022. № 4. С. 60-72.
9. Федеральная служба государственной статистики // Росстат : [сайт]. – Режим доступа: https://www.rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2025).
10. *Четвертаков И. М., Четвертакова В. П.* Теоретические и прикладные аспекты экономического роста и развития сельского хозяйства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 1 (76). С. 194-200.
11. Стратегия социально-экономического развития Красноярского края до 2030 года, утвержденная постановлением Правительства Красноярского края от 30.10.2018 № 647-п // Правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. Красноярск, 2018. – Режим доступа http://www.consultant.ru/. (дата обращения: 01.09.2025).

A Mechanism for Increasing the Investment Attractiveness of Agricultural Production in the Region

Ovsyanko L.A., Moskalenko S.V.
Krasnoyarsk State Agrarian University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

This article examines the factors determining the investment attractiveness of agricultural production in Krasnoyarsk Krai and proposes a mechanism for enhancing it, taking into account the spatial, institutional, and economic specifics of the region. Based on theoretical and empirical analysis, it is established that investment activity in the Krai's agricultural sector is constrained by a variety of constraints, including the fragmentation of existing regulatory instruments, high territorial differentiation of production potential, uneven investment flows, difficulty accessing land and financial resources, and significant climate risks. It is substantiated that the current support system is primarily focused on supporting the day-to-day operations of farms and does not sufficiently contribute to the creation of sustainable conditions for long-term investment.

The proposed mechanism for enhancing the investment attractiveness of agricultural production is a multi-level system of interconnected organizational, economic, technological, and spatial solutions aimed at reducing investment risks, increasing resource efficiency, and creating a favorable environment for the implementation of investment projects. The mechanism's structure includes the constituent entities, organizational mechanism, facility composition, and expected results. The organizational component includes four blocks: institutional and organizational, financial and economic, infrastructure and technological, and resource and territorial.

It has been established that the implementation of the proposed mechanism will improve the transparency of the investment environment, reduce transaction costs, expand agricultural producers' access to financial instruments, ensure a more efficient distribution of budget support, and adapt regional agricultural policy to the objective differences between the agricultural zones of Krasnoyarsk Krai. The practical significance of the study lies in the potential use of the proposed solutions to improve regional investment management policies in the agricultural sector.

Keywords: investment attractiveness, agriculture, agricultural sector, region, Krasnoyarsk Krai, investment, government support, infrastructure, territorial differentiation, governance mechanism.

References

1. Babanskaya A. S., Chukalova M. V., et al. Development of mechanisms of state support for organic agriculture. APK: Economics, Management. 2023;(9):70–81.
2. Babkin A. V., Burkaltseva D. D., Kosten D. G., Vorobyev Yu. N. Formation of the digital economy in Russia: essence, features, technical standardization, and development problems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2019.
3. Bondarenko Yu. P. The impact of investment on renewal, depreciation, and efficiency of fixed assets use in agriculture within the regional space of Russia. Regional Agrosystems: Economics and Sociology. 2019;(1):10.
4. Vasilyev S. V. Ways of attracting investment into agriculture [Electronic resource]. Economics and Business: Theory and Practice. 2018;(12-1). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/puti-privlecheniya-investitsiy-v-selskoe-hozyaystvo (accessed: 01.09.2025).
5. Zolotonog E. V., Sadakova S. S., Kondrashova A. V., Zadneprovsky I. V. Investments as a factor in improving the efficiency and development of agricultural production. In: Project Management for Rural Development: Proceedings of the V National Scientific and Practical Conference, Krasnodar, April 11, 2024. Krasnodar: Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia, Krasnodar Center for Scientific and Technical Information, branch of the Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia; 2024. p. 175–184.
6. Okhanovskaya I. I., Barykina V. A. Investment attractiveness of the agro-industrial complex of the Russian Federation. Vestnik SGUGiT. 2019;24(2):257–275.
7. Agriculture in Russia. 2023: Statistical compendium. Moscow: Federal State Statistics Service; 2023. 103 p.
8. Sukhanova I. F., Bryzgalin T. V. Export potential of expanded food reproduction in Russia under the escalation of economic sanctions and restrictions. APK: Economics, Management. 2022;(4):60–72.
9. Federal State Statistics Service. Rosstat [website]. Available at: https://www.rosstat.gov.ru (accessed: 01.09.2025).

Режим-зависимая модель динамической оптимизации инвестиционного портфеля: эмпирический анализ российского финансового рынка

Наталенко Сергей Владимирович
аспирант, Университет «Синергия», sergey.natalenko@mail.ru

В работе предложен и эмпирически проверен режим-зависимый алгоритм динамической оптимизации инвестиционного портфеля для рынка с выраженной нестационарностью. Рыночные режимы идентифицируются скрытой марковской моделью по пяти агрегированным индикаторам российского финансового рынка; для принятия инвестиционных решений используются только фильтрованные вероятности режимов, рассчитанные на информации, доступной на дату ребалансировки, что исключает заглядывание в будущее. Портфельная задача поставлена как максимизация ожидаемой доходности при бюджете хвостового риска (CVaR) и ограничениях на веса и оборот с учётом транзакционных издержек. На дневных данных Московской биржи за 2014–2026 гг. выделены три устойчивых режима — спокойный, промежуточный и стрессовый, — переходы между которыми согласуются с датами структурных событий 2020 и 2022 гг. В out-of-sample эксперименте (февраль 2019 — июнь 2026) стратегия обеспечила доходность 13,9% годовых при максимальной просадке −21,6% против 5,8–8,7% годовых и просадок −38…−54% у статических бенчмарков; преимущество концентрируется в периодах структурных сдвигов: в 2022 г. стратегия показала +0,6% против −34,5% у равновзвешенного портфеля. Трёхрежимная спецификация обеспечивает лучшую защиту от просадок за счёт промежуточного состояния раннего предупреждения.

Ключевые слова: инвестиционный портфель, динамическая оптимизация, скрытая марковская модель, рыночные режимы, структурные сдвиги, CVaR, российский фондовый рынок.

1. Введение

Классическая задача выбора портфеля в формулировке Г. Марковица [23] опирается на предположение о стационарности совместного распределения доходностей: вектор ожидаемых доходностей и ковариационная матрица считаются постоянными на горизонте инвестирования и оцениваются по всей доступной истории наблюдений. На российском рынке последних двенадцати лет это предположение нарушается систематически. Рынок пережил серию событий, сопровождавшихся изменениями параметров распределения доходностей, волатильности, ликвидности и корреляционной структуры активов: введение санкций и девальвация рубля в 2014 г., пандемический шок 2020 г., геополитический кризис 2022 г. с месячной остановкой биржевых торгов и радикальным изменением структуры участников рынка, цикл жёсткой денежно-кредитной политики 2023–2025 гг. с ключевой ставкой до 21% годовых.

Использование безусловных оценок параметров в подобных условиях приводит к известному эффекту: ковариации и корреляции активов, оценённые «в среднем по истории», резко недооценивают риск именно в фазах рыночного стресса, когда корреляции возрастают, а распределения приобретают левостороннюю асимметрию и тяжёлые хвосты. Естественной реакцией является переход к динамическим моделям, в которых параметры портфельной задачи являются функциями ненаблюдаемого состояния — режима — рыночной среды.

Цель работы — разработать и эмпирически проверить воспроизводимый режим-зависимый алгоритм динамической оптимизации инвестиционного портфеля на российском рынке. Логика алгоритма такова: рыночные режимы выявляются скрытой марковской моделью (HMM) по компактному набору агрегированных индикаторов рынка; портфельные параметры отдельных активов оцениваются условно по вероятностям этих режимов; оптимизация проводится в постановке максимизации ожидаемой доходности при бюджете хвостового риска (CVaR). Эффективность проверяется в out-of-sample эксперименте, использующем только информацию, доступную на дату принятия решения, с учётом транзакционных издержек и особенностей российского рынка 2022 года.

Новизна работы связана с тремя методическими решениями. Предложена схема probability-weighted allocation: портфельные параметры взвешиваются фильтрованными вероятностями режимов, рассчитанными исключительно на информации, доступной на дату ребалансировки, — это устраняет риск заглядывания в будущее (look-ahead bias). Режимы идентифицируются по агрегированным рыночным факторам, а не по вектору доходностей отдельных акций, благодаря чему оценки остаются статистически устойчивыми при умеренной длине окна. Наконец, система бенчмарков построена так, чтобы декомпозировать источник выигрыша стратегии: вклад хвостового критерия риска отделён от вклада режимности и динамической ребалансировки.

2. Обзор литературы

Развитие портфельной теории после [23] шло по двум направлениям: уточнение меры риска и отказ от предположения о стационарности. Ключевым результатом первого направления стала формализация условной стоимости под риском (CVaR) и сведение задачи её оптимизации к линейному программированию [26]; постановка с максимизацией доходности при CVaR-ограничении формализована в [19] (обзор эволюции практических постановок см. в [17]). Параллельно показано, что главным источником неустойчивости оптимальных портфелей является ошибка оценивания ожидаемых доходностей: наивная стратегия 1/N систематически не уступает оптимизированным портфелям именно из-за шума в оценках средних [13], а shrinkage-оценка ковариационной матрицы [20] стала стандартом для задач средней размерности.

Второе направление связано с моделированием смены состояний рынка. Основополагающей является модель марковского переключения режимов Гамильтона [16]. Анг и Бекаерт [8] первыми системно показали значимость режимов для распределения активов; Гвидолин и Тиммерманн [14, 15] обобщили результат на многомерный случай с учётом асимметрии и эксцесса; Булла и соавт. [11] подтвердили прибыльность марковских стратегий с учётом издержек; Критцман и соавт. [18] продемонстрировали применимость режимных моделей для широкого набора классов активов; Бае, Ким и Малви [9] построили режим-зависимую ал-

локацию для разнородных рыночных условий, Коста и Квон [12] перенесли подход на risk parity. Нюструп и соавт. [25] предложили схему динамической оптимизации со скрытыми режимами по индексным рядам — методологически наиболее близкую к настоящей работе; среди недавних исследований отметим гибрид режимной модели с управлением по прогнозирующей модели [21].

В русскоязычной литературе развиты смежные направления: моделирование и прогнозирование волатильности российских активов на высокочастотных данных [1], моделирование кризисных явлений на финансовом рынке [7], портфельные решения в нестандартной рыночной среде и моделирование функций полезности инвестора [3, 4], фрактальный анализ при формировании портфелей [2], методы машинного обучения в оптимизации портфеля [5], модели ценообразования российского рынка [6]. Вместе с тем применение режим-зависимой динамической портфельной оптимизации с вероятностной классификацией рыночных состояний и явным учётом транзакционных издержек на посткризисной структуре российского рынка (после 2022 г.) остаётся недостаточно разработанным.

Для дальнейшего изложения нужно развести два понятия: под рыночным режимом здесь понимается ненаблюдаемое состояние модели (спокойный рынок, стресс), под структурным сдвигом — изменение параметров порождающего процесса. HMM операционализирует режимы, а тест множественных структурных сдвигов в духе Баи–Перрона [10] применяется как внешняя проверка того, что режимные переходы совпадают с изменениями параметров временного ряда.

3. Методология

Идентификация режимов. Вектор наблюдаемых индикаторов yt включает пять компонент: дневную логарифмическую доходность индекса МосБиржи; реализованную волатильность (СКО доходностей в окне 21 день, в годовом выражении); текущую просадку индекса относительно максимума за 252 дня; дневное изменение курса юаня к рублю; дневную доходность индекса государственных облигаций RGBITR. Предполагается, что yt порождается скрытой марковской моделью с K состояниями и гауссовскими эмиссиями. Перед оцениванием индикаторы стандартизуются и винсоризуются на уровне ±4σ, что предотвращает вырождение состояний на единичных экстремальных наблюдениях (24.02.2022). Параметры оцениваются EM-алгоритмом с мультистартом. Число режимов выбиралось из $K \in \{2, 3, 4\}$ по критерию BIC и требованию невырожденности: BIC монотонно убывает с ростом K, однако при K = 4 четвёртое состояние вырождается в захват единичных дней; выбрано K = 3.

Ключевое для инвестиционного приложения различие — между сглаженными и фильтрованными вероятностями режимов. Сглаженная вероятность использует всю выборку, включая будущие наблюдения, и применима только для ретроспективной интерпретации. Фильтрованная вероятность

$$\pi_t(s) = \mathrm{P}(s_t = s \mid y_1, \ldots, y_t)$$

использует только информацию, доступную к моменту t. Для принятия инвестиционных решений используются исключительно фильтрованные вероятности; сглаженные — только для ex post интерпретации (рис. 1). На каждую дату ребалансировки модель переоценивается на расширяющемся окне из прошлых наблюдений. HMM используется не для прогнозирования доходности каждой акции, а для вероятностной классификации состояния рыночной среды, внутри которой переоцениваются параметры портфельной задачи.

Режим-зависимые параметры активов. На каждую дату ребалансировки t по окну W = 750 торговых дней вычисляются условные по режимам оценки средних и ковариаций доходностей активов:

$$\hat{\mu}_i(s) = \frac{\sum_u \gamma_u(s)\, r_{i,u}}{\sum_u \gamma_u(s)}, \qquad \hat{\Sigma}(s) = \frac{\sum_u \gamma_u(s)\,(r_u - \hat{\mu}(s))(r_u - \hat{\mu}(s))^\top}{\sum_u \gamma_u(s)}$$

где γu(s) — вероятность режима s в день u, пересчитанная по данным, доступным к дате t (без использования наблюдений после t). К ковариационной матрице применяется shrinkage-оценка типа Ледуа–Вольфа [20]; вектор средних сжимается к нулю с коэффициентом δ = 0,5. Параметры на дату решения формируются смешиванием по фильтрованным вероятностям: μt = Σs πt(s)·μ̃(s); сценарная выборка для CVaR — доходности окна с весами mu ∝ Σs πt(s)·γu(s). Поскольку оценка ожидаемых доходностей — наиболее нестабильный элемент портфельной оптимизации, акцент сделан не на прогнозировании средних, а на контроле хвостового риска и оборота.

Постановка задачи оптимизации. Основная постановка — максимизация ожидаемой доходности при бюджете хвостового риска [19]. Выбор именно её не случаен: минимизация CVaR при ограничении снизу на доходность при наличии денежного актива имеет тривиальное решение — полный уход в денежный актив; постановка с бюджетом риска свободна от этого вырождения. Все элементы задачи определены на дневном горизонте; транзакционные издержки, уплачиваемые раз в месяц, амортизируются на горизонт удержания H = 21 день. С использованием линеаризации Рокафеллара–Урясьева [26] задача имеет вид:

$$\max_{w,\, w_c,\, \alpha,\, u,\, d} \quad \mu_t^\top w + r_f w_c - \frac{c}{H}\,\mathbf{1}^\top d$$

при ограничениях

$$\alpha + \frac{1}{1-\beta}\sum_{j=1}^{J} m_j u_j \le q;$$

$$u_j \ge -(\tilde{r}_j^\top w + r_f w_c) - \alpha, \quad u_j \ge 0;$$

$$d \ge |w - w_{\mathrm{prev}}|, \quad \mathbf{1}^\top d \le \tau;$$

$$\mathbf{1}^\top w + w_c = 1; \quad 0 \le w_i \le 0{,}25; \quad w_c \ge 0$$

где β = 0,95; q — бюджет дневного CVaR (базово 2%); c — ставка транзакционных издержек (базово 0,1% от оборота); τ = 1,5 — лимит оборота; rf — дневная ставка денежного актива (аппроксимирована ключевой ставкой Банка России); wc — доля денежного актива. Задача является задачей линейного программирования. HMM и риск-параметры оцениваются на дневных данных, решение принимается ежемесячно. Альтернативная конвенция — сценарии 21-дневных доходностей с месячным бюджетом CVaR — проверяется в анализе чувствительности.

Дизайн эксперимента и бенчмарки. Out-of-sample период: февраль 2019 — июнь 2026 (89 ежемесячных ребалансировок), охватывающий эпизоды 2020 и 2022 гг. Основные бенчмарки: равновзвешенный 1/N; buy-and-hold индекса полной доходности MCFTR; портфель минимальной дисперсии; статическая mean-CVaR стратегия (те же ограничения, безусловные оценки). В блоке робастности: статическая mean-variance, risk parity (ERC) [22] и защитный бенчмарк 60/40 MCFTR/денежный актив. Метрики: годовые доходность и волатильность, коэффициенты Шарпа, Сортино, Калмара, максимальная просадка, CVaR(95%) месячных доходностей, оборачиваемость; значимость различий Шарпа — тест Джобсона–Корки–Меммеля [24] и блочный bootstrap. Внешняя валидация режимов: тест множественных структурных сдвигов (бинарная сегментация, гауссовская функция стоимости, минимальный сегмент 126 дней) по доходности и волатильности индекса.

4. Данные

Используются дневные данные Московской биржи (открытый программный интерфейс ISS) за январь 2014 — июнь 2026 гг. (3122 торговых дня). Портфельная вселенная — 12 наиболее ликвидных акций по медианному обороту 2018 г.: SBER, GAZP, LKOH, GMKN, ROSN, MGNT, ALRS, TATN, VTBR, NVTK, MOEX, CHMF. Дивиденды (открытый справочник ISS) приводятся к текущей базе акций с учётом сплитов (GMKN 100:1 и VTBR 5000:1 в 2024 г.) и прибавляются к доходности на дату закрытия реестра; используются ряды полной доходности, чувствительность к ценовым рядам проверяется отдельно. Сессии выходного дня (с 2025 г.) исключены приведением к календарю индекса. Доходность через разрыв остановки торгов (25.02–24.03.2022) исключена из оценивания моделей, но сохранена в результатах стратегий. Дневные доходности всех активов характеризуются левосторонней асимметрией и тяжёлыми хвостами (гипотеза нормальности отвергается на уровне 1%), что подтверждает целесообразность хвостовой меры риска.

5. Результаты

Режимы и их интерпретация. Полновыборочная HMM используется исключительно для содержательной интерпретации и ретроспективного рис. 1; все портфельные решения основаны на моделях, переоцениваемых только на информации, доступной к дате ребалансировки. Оценка с K = 3 даёт три устойчивых состояния (табл. 1): режим 1 «спокойный» (41% времени, средняя длительность 84 дня) — рост индекса ~23% годовых при волатильности 12,6%; режим 2 «промежуточный» (38%, 45 дней) — околонулевая доходность, волатильность 17%, просадка ~−11%, ослабление рубля; режим 3 «стрессовый» (21%, 43 дня) — волатильность 31%, средняя глубина просадки −28%. Матрица переходов сильно диагональна (0,988; 0,978; 0,977); прямой переход из спокойного в стрессовый режим редок — типичный путь идёт через промежуточное состояние, выполняющее роль раннего предупреждения.

Таблица 1
Характеристики режимов (доходности — % годовых)

Режим	Доходн. IMOEX	Реализ. волат.	Средн. просадка	Доходн. RGBITR	Доля времени	Длит., дн.
1 — спокойный	+22,7	12,6%	−1,8%	+5,0	0,41	84
2 — промежуточный	−5,0	16,9%	−10,9%	+10,1	0,38	45
3 — стрессовый	≈0	31,3%	−27,7%	+12,6	0,21	43

Внешняя валидация. Тест структурных сдвигов идентифицирует разрывы в доходности индекса 20.02.2020 и 17.11.2021 и в волатильности 28.02.2020 и 20.01.2022 — в пределах нескольких недель от переходов HMM в стрессовый режим. Корреляционная структура активов значимо различается между режимами: средняя парная корреляция дневных доходностей составляет 0,255 в спокойном режиме против 0,594 в стрессовом (пермутационный тест с циклическим сдвигом меток, p = 0,001).

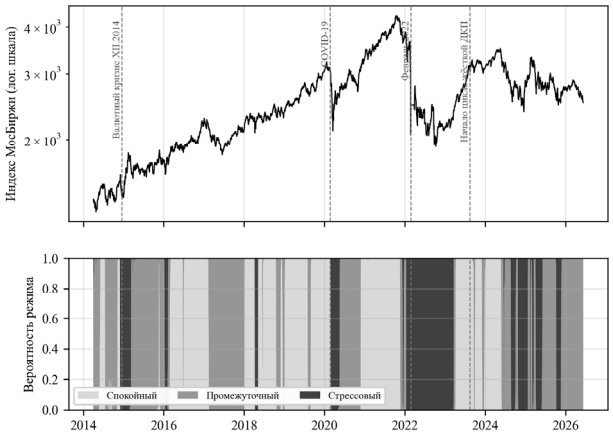


Рис. 1. Сглаженные вероятности режимов (ex post) и индекс МосБиржи, 2014–2026

Сравнение стратегий. В точечных оценках предлагаемая стратегия (RS-CVaR) имеет лучшие значения по всем метрикам (табл. 2): доходность выше на 4–8 п.п. годовых при вдвое меньшей волатильности, просадка сокращена в 1,5–2,5 раза. Преимущество сохраняется и относительно защитного бенчмарка 60/40 с тем же денежным активом. Низкие значения коэффициента Шарпа у всех стратегий объясняются экстремально высокой безрисковой ставкой 2023–2026 гг. Статистически значимое превосходство по Шарпу на доступной месячной выборке не подтверждается (тест Джобсона–Корки–Меммеля: z = 0,67–1,14, p = 0,25–0,50; бутстреп-интервалы разности включают ноль) — преимущество проявляется прежде всего в характеристиках риска.

Таблица 2
Метрики стратегий, out-of-sample 01.02.2019–10.06.2026 (после издержек 0,1%)

Стратегия	Доходн., % год.	Волат., %	Шарп	Макс. просадка, %	CVaR95 мес., %	Оборот
RS-CVaR (предлагаемая)	13,9	13,3	0,21	−21,6	−6,7	3,5
Статическая mean-CVaR	8,7	16,0	−0,08	−38,2	−9,4	1,1
Минимальная дисперсия	6,5	24,1	−0,07	−53,2	−16,5	1,0
Стат. mean-variance	8,1	25,3	0,00	−50,7	−15,4	1,7
Risk parity (ERC)	6,0	25,5	−0,07	−50,3	−17,0	0,6
Равновзвешенный 1/N	5,8	26,0	−0,07	−49,9	−17,1	0,6
Buy-and-hold MCFTR	7,7	26,2	0,00	−53,5	−15,5	0,0
60/40 MCFTR/ден. актив	10,1	15,1	−0,02	−32,8	−9,0	0,0

Декомпозиция: переход от статической mean-CVaR к режим-зависимой версии добавляет +5,1 п.п. годовых и сокращает просадку с −38,2% до −21,6%: фильтрованные вероятности ускоряют и выход в защитную позицию при входе в стрессовый режим, и возврат в акции после его завершения (в 2023 г. средняя доля денежного актива 23% против 73% у статической версии).

Таблица 3
Подпериоды: доходность за период / максимальная просадка, %

Период	RS-CVaR	Стат. CVaR	1/N	BH-MCFTR
COVID (02–12.2020)	+14,0 / −16,8	−7,4 / −35,9	+14,0 / −34,7	+13,5 / −32,4
Кризис 2022	+0,6 / −9,7	−21,0 / −22,8	−34,5 / −46,0	−37,3 / −49,1
Спокойный 2019	+13,5 / −8,3	+24,9 / −7,3	+20,7 / −7,1	+29,8 / −5,8
Спокойный 2021	+14,9 / −14,5	+17,0 / −11,9	+27,6 / −16,5	+21,8 / −15,5
Ставки 2024–2025	+44,7 / −8,7	+38,1 / −6,8	−8,0 / −29,9	+4,6 / −27,1

Подпериодный анализ (табл. 3) подтверждает локализацию эффекта: в пандемийном эпизоде стратегия показала доходность рынка при вдвое меньшей просадке; в 2022 г. сохранила капитал (+0,6%) против потерь 34–37% у пассивных альтернатив; в период экстремальных ставок корректно переключилась на денежный рынок. Платой является умеренное отставание в спокойные годы — следствие бюджета риска. Рис. 2–4 иллюстрируют накопленную доходность, динамику весов и просадки.

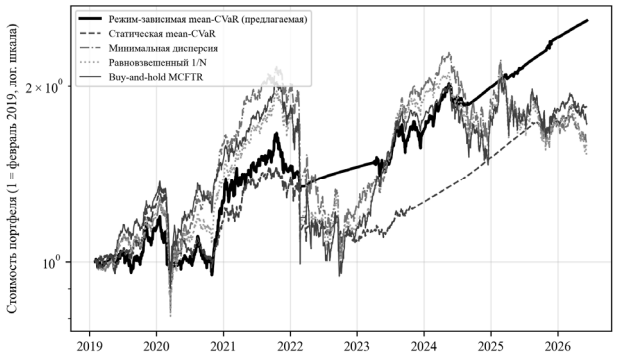


Рис. 2. Накопленная доходность стратегий, out-of-sample 2019–2026

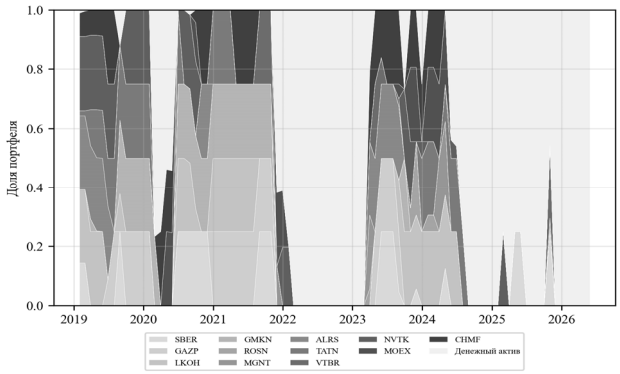


Рис. 3. Динамика весов режим-зависимой стратегии

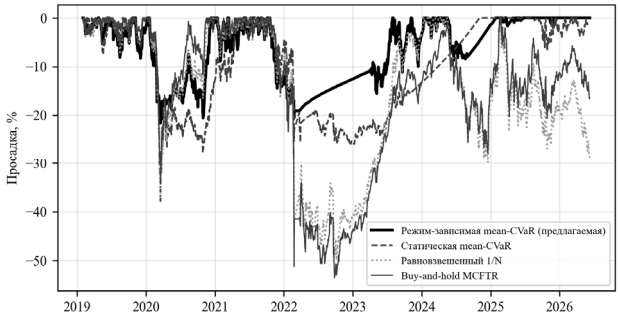


Рис. 4. Просадки стратегий, out-of-sample 2019–2026

Чувствительность. Результаты сохраняют качественное преимущество в большинстве проверок (табл. 4). Ужесточение бюджета риска (q = 1,5%) повышает долю денежного актива и улучшает результат в период высоких ставок; усиление сжатия средних (δ = 0,25) улучшает результат, отказ от сжатия — ухудшает, подтверждая тезис о шумности оценок. Эффект издержек немонотонен: рост до 0,3% действует как регуляризация оборота (3,5 → 2,6 раз/год), дальнейшее повышение ухудшает результат. Переход к ценовым рядам без дивидендов искажает сравнение с денежной ставкой; K = 2 устраняет состояние раннего предупреждения и почти удваивает просадку; месячная конвенция CVaR сохраняет преимущество по доходности, но ослабляет контроль просадки — дневной бюджет риска реагирует на смену режима быстрее.

Таблица 4
Чувствительность RS-CVaR к параметрам

Вариант	Доходн., % год.	Шарп	Макс. прос., %	Оборот	Доля ден. акт.
База (q=2%, δ=0,5, c=0,1%, K=3, TR)	13,8	0,21	−21,6	3,5	0,45
q = 1,5%	15,0	0,33	−17,7	2,8	0,56
q = 2,5%	11,5	0,06	−25,0	4,0	0,43
δ = 0,25	15,4	0,34	−21,6	2,4	0,59
δ = 1 (без сжатия)	11,1	0,04	−25,5	4,4	0,42
c = 0,3%	14,8	0,29	−20,8	2,6	0,46
c = 0,5%	11,8	0,08	−23,2	2,2	0,45
c = 1,0%	12,9	0,15	−23,5	1,3	0,54
Окно W = 500	16,0	0,36	−21,5	4,0	0,43
Ценовые ряды (без дивидендов)	10,1	−0,04	−29,8	3,7	0,47
K = 2 режима	9,2	−0,07	−34,0	3,1	0,44
Месячные сценарии (qm = 6%)	11,8	0,08	−35,2	3,5	0,45

6. Обсуждение и выводы

Гипотеза о режимной структуре рынка получила эмпирическую поддержку: российский финансовый рынок 2014–2026 гг. адекватно описывается трёхрежимной скрытой марковской моделью с персистентными состояниями, переходы между которыми согласуются с независимо идентифицируемыми структурными сдвигами, а корреляционная структура активов демонстрирует статистически значимое усиление взаимосвязей в стрессовом режиме. Режим-зависимая динамическая стратегия в точечных оценках обеспечивает более устойчивый профиль доходности и риска, чем статические альтернативы, включая защитный бенчмарк с тем же денежным активом; статистически значимое превосходство по коэффициенту Шарпа на доступной выборке не подтверждается. Преимущество концентрируется в окрестностях структурных сдвигов 2020 и 2022 гг. и в фазе экстремальных ставок.

Практическая значимость: алгоритм воспроизводим на открытых данных Московской биржи, использует только информацию, доступную на дату решения, и реализуем для управляющих компаний и квалифицированных частных инвесторов; параметр бюджета риска имеет прозрачную интерпретацию риск-аппетита. Ограничения и направления развития: гауссовские эмиссии HMM (перспективны t-распределения и MS-GARCH), месячная частота ребалансировки, один рынок, неполнота открытых данных о дивидендах до 2019 г., аппроксимация безрисковой ставки ключевой ставкой Банка России (предпочтительны RUSFAR/RUONIA).

Литература

1. Гайомей Дж. Развитие методов моделирования и прогнозирования волатильности доходности финансовых активов на основе высокочастотных данных: дис. … канд. экон. наук. СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2022.
2. Гарафутдинов Р.В. Методические основы применения фрактального анализа для формирования инвестиционных портфелей на международных финансовых рынках: дис. … канд. экон. наук. СПб.: СПбГУ, 2023.
3. Добрина М.В. Функции полезности и их применение в моделировании портфельных решений // Современная экономика: проблемы и решения. 2017. № 8 (92). С. 64–73.
4. Добрина М.В. Моделирование инвестиционных решений в альтернативной среде фондового рынка: дис. … канд. экон. наук. М.: ФИЦ «Информатика и управление» РАН, 2021. 161 с.
5. Добрина М.В., Чернов В.П. Оптимизация и прогнозирование портфеля ценных бумаг на основе методов машинного обучения // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20, № 4. С. 258–267.
6. Кесиян Г.А. Математические модели ценообразования на российском рынке ценных бумаг: дис. … канд. экон. наук. СПб.: СПбГУ, 2025.
7. Уляев Л.Р. Моделирование кризисных явлений на финансовом рынке: дис. … канд. экон. наук. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. 142 с.
8. Ang A., Bekaert G. International Asset Allocation with Regime Shifts // The Review of Financial Studies. 2002. Vol. 15, No. 4. P. 1137–1187.
9. Bae G.I., Kim W.C., Mulvey J.M. Dynamic Asset Allocation for Varied Financial Markets under Regime Switching Framework // European Journal of Operational Research. 2014. Vol. 234, No. 2. P. 450–458.
10. Bai J., Perron P. Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models // Journal of Applied Econometrics. 2003. Vol. 18, No. 1. P. 1–22.
11. Bulla J., Mergner S., Bulla I., Sesboüé A., Chesneau C. Markov-Switching Asset Allocation: Do Profitable Strategies Exist? // Journal of Asset Management. 2011. Vol. 12, No. 5. P. 310–321.
12. Costa G., Kwon R.H. Risk Parity Portfolio Optimization under a Markov Regime-Switching Framework // Quantitative Finance and Economics. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 148–172.
13. DeMiguel V., Garlappi L., Uppal R. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient Is the 1/N Portfolio Strategy? // The Review of Financial Studies. 2009. Vol. 22, No. 5. P. 1915–1953.
14. Guidolin M., Timmermann A. Asset Allocation under Multivariate Regime Switching // Journal of Economic Dynamics and Control. 2007. Vol. 31, No. 11. P. 3503–3544.
15. Guidolin M., Timmermann A. International Asset Allocation under Regime Switching, Skew, and Kurtosis Preferences // The Review of Financial Studies. 2008. Vol. 21, No. 2. P. 889–935.
16. Hamilton J.D. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle // Econometrica. 1989. Vol. 57, No. 2. P. 357–384.
17. Kolm P.N., Tütüncü R., Fabozzi F.J. 60 Years of Portfolio Optimization: Practical Challenges and Current Trends // European Journal of Operational Research. 2014. Vol. 234, No. 2. P. 356–371.
18. Kritzman M., Page S., Turkington D. Regime Shifts: Implications for Dynamic Strategies // Financial Analysts Journal. 2012. Vol. 68, No. 3. P. 22–39.
19. Krokhmal P., Palmquist J., Uryasev S. Portfolio Optimization with Conditional Value-at-Risk Objective and Constraints // Journal of Risk. 2002. Vol. 4, No. 2. P. 43–68.
20. Ledoit O., Wolf M. A Well-Conditioned Estimator for Large-Dimensional Covariance Matrices // Journal of Multivariate Analysis. 2004. Vol. 88, No. 2. P. 365–411.
21. Li X., Chen J., Tao X., Ji Y. Regime-Switching Asset Allocation Using a Framework Combing a Jump Model and Model Predictive Control // Mathematics. 2025. Vol. 13, No. 17. Art. 2837.
22. Maillard S., Roncalli T., Teïletche J. The Properties of Equally Weighted Risk Contribution Portfolios // The Journal of Portfolio Management. 2010. Vol. 36, No. 4. P. 60–70.
23. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal of Finance. 1952. Vol. 7, No. 1. P. 77–91.
24. Memmel C. Performance Hypothesis Testing with the Sharpe Ratio // Finance Letters. 2003. Vol. 1, No. 1. P. 21–23.
25. Nystrup P., Madsen H., Lindström E. Dynamic Portfolio Optimization Across Hidden Market Regimes // Quantitative Finance. 2018. Vol. 18, No. 1. P. 83–95.
26. Rockafellar R.T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk // Journal of Risk. 2000. Vol. 2, No. 3. P. 21–41.

Regime-dependent dynamic portfolio optimization model: empirical evidence from the Russian financial market

Natalenko S.V.
Synergy University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

We propose and empirically validate a regime-dependent dynamic portfolio optimization algorithm for a highly non-stationary market. Market regimes are identified by a hidden Markov model fitted to five aggregate indicators of the Russian financial market; investment decisions rely exclusively on filtered regime probabilities computed from information available at each rebalancing date, which rules out look-ahead bias. The portfolio problem is formulated as expected return maximization subject to a tail-risk (CVaR) budget, weight and turnover constraints, net of transaction costs. Using daily Moscow Exchange data for 2014–2026, we identify three persistent regimes whose transitions are consistent with the 2020 and 2022 structural events. In an out-of-sample experiment (February 2019 — June 2026) the strategy delivers a 13.9% annualized return with a maximum drawdown of −21.6%, against 5.8–8.7% returns and drawdowns of −38…−54% for static benchmarks; the advantage concentrates around structural shifts: in 2022 the strategy returned +0.6% versus −34.5% for the equally weighted portfolio. The three-regime specification provides superior drawdown protection through an intermediate early-warning state.

Keywords: portfolio choice, dynamic optimization, hidden Markov model, market regimes, structural breaks, CVaR, Russian stock market.

References

1. Gayomey J. Development of methods for modeling and forecasting the volatility of financial asset returns based on high-frequency data: Cand. econ. sci. diss. St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2022. (In Russ.)
2. Garafutdinov R.V. Methodological foundations of applying fractal analysis to the formation of investment portfolios in international financial markets: Cand. econ. sci. diss. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2023. (In Russ.)
3. Dobrina M.V. Utility functions and their application in modeling portfolio decisions. Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya, 2017, no. 8(92), pp. 64–73. (In Russ.)
4. Dobrina M.V. Modeling investment decisions in an alternative stock market environment: Cand. econ. sci. diss. Moscow: FRC CSC RAS, 2021. 161 p. (In Russ.)
5. Dobrina M.V., Chernov V.P. Optimization and forecasting of a securities portfolio based on machine learning methods. Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki, 2024, vol. 20, no. 4, pp. 258–267. (In Russ.)
6. Kesiyan G.A. Mathematical models of pricing in the Russian securities market: Cand. econ. sci. diss. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2025. (In Russ.)
7. Ulyaev L.R. Modeling crisis phenomena in the financial market: Cand. econ. sci. diss. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2022. 142 p. (In Russ.)
8. Ang A., Bekaert G. International Asset Allocation with Regime Shifts. The Review of Financial Studies. 2002, vol. 15, no. 4. pp. 1137–1187.
9. Bae G.I., Kim W.C., Mulvey J.M. Dynamic Asset Allocation for Varied Financial Markets under Regime Switching Framework. European Journal of Operational Research. 2014, vol. 234, no. 2. pp. 450–458.
10. Bai J., Perron pp. Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models. Journal of Applied Econometrics. 2003, vol. 18, no. 1. P. 1–22.
11. Bulla J., Mergner S., Bulla I., Sesboüé A., Chesneau C. Markov-Switching Asset Allocation: Do Profitable Strategies Exist?. Journal of Asset Management. 2011, vol. 12, no. 5. pp. 310–321.
12. Costa G., Kwon R.H. Risk Parity Portfolio Optimization under a Markov Regime-Switching Framework. Quantitative Finance and Economics. 2019, vol. 3, no. 1. pp. 148–172.
13. DeMiguel V., Garlappi L., Uppal R. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient Is the 1/N Portfolio Strategy?. The Review of Financial Studies. 2009, vol. 22, no. 5. pp. 1915–1953.

Оценка условий государственной поддержки крупных инвестиционных проектов на примере медной промышленности

Наумов Игорь Андреевич
соискатель, кафедра отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Naumov_IA@pers.spmi.ru,

Пастернак Светлана Николаевна
к.ю.н., доцент, кафедра отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Pasternak_SN2@pers.spmi.ru,

Маринина Оксана Анатольевна
к.э.н., доцент, заведующий кафедрой отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Marinina_OA@pers.spmi.ru

Настоящая статья посвящена изучению правовых режимов, устанавливаемых для отдельных территорий в рамках соглашения о защите и поощрении капиталовложений (далее - СЗПК) и регионального инвестиционного проекта (далее - РИП). Указанные институты предназначены для стимулирования экономического развития регионов и привлечения инвестиций для реализации капиталоемких проектов. В работе анализируются правовые акты, регулирующие порядок образования и особенности функционирования таких территории. Отдельное внимание уделено положениям Налогового кодекса Российской Федерации, которые закрепляют специальные условия для предприятий, осуществляющих свою деятельность на условиях указанных режимов. На основе анализа и сравнения условий, различных льгот и требований к потенциальным участникам такой хозяйственной деятельности, авторами статьи выявляются общие для указанных правовых режимов черты и особенности каждого режима, формулируется вывод о том, какая из форм территории с особым режимом наиболее эффективна для предприятий минерально-сырьевого комплекса, осуществляющих разработку месторождений меди.

Ключевые слова: территории с особым режимом, соглашение о защите и поощрении капиталовложений, региональный инвестиционный проект, проекты отработки месторождений меди, инвестиции, меры государственной поддержки.

Введение

В условиях роста спроса на медь государство и добывающие компании заинтересованы в освоении крупных месторождений с высоким ресурсным потенциалом. Однако, согласно данным компании S&P Global и геологической службы США (USGS) [1, 2], среднемировое содержание меди в руде продолжает неуклонно снижаться. Тенденция снижения качества руды и содержания меди характерна и для российских компаний. Учитывая, что в ближайшей перспективе большая часть российских инвестиционных проектов по разработке месторождений меди будет связана с низкорентабельными месторождениями медно-порфирового геолого-промышленного типа, с низкими содержаниями меди в руде, отсутствием высоколиквидных попутных компонентов и ограниченной рентной способностью [3], поиск механизмов оптимального государственного регулирования предприятий данной отрасли является важной управленческой задачей. Мировой опыт показывает, что государственная собственность не приводит к повышению экономической эффективности добывающей отрасли [4-6], целесообразнее сохранять конкурентную среду и частную инициативу при ответственном государственном регулировании [7-9].

При этом их промышленное освоение требует значительных инвестиций, что может быть связано со сложными климатическими условиями, удаленностью и слабой развитостью территории добычи, а также с необходимостью применения новейших технологий добычи, способов обогащения, металлургии, строительства ГОКов, способных обеспечить рентабельное производство меди, в том числе из бедных руд медно-порфировых формаций. В связи с чем условия институционального регулирования могут оказывать значительное влияние на эффективность реализации проектов отработки медно-порфировых месторождений и бюджетной эффективности проекта, отражающей социальные, экологические и иные значимые для государства и местных сообществ эффекты.

Целью исследования является оценка условий реализации проектов отработки меднопорфировых месторождений в рамках таких режимов осуществления предпринимательской деятельности, как СЗПК и РИП. Предметом исследования являются общественные отношения, складывающиеся в процессе функционирования предприятий на условиях РИП и СЗПК. Объектом исследования являются правовые акты, регулирующие деятельность хозяйствующих субъектов в рамках СЗПК и РИП, открытые источники научных публикаций и статистические данные ФНС и Росстата.

Методы и материалы исследования

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи: 1) проанализировать содержание двух правовых режимов – СЗПК, РИП; 2) выявить общие и особенные черты СЗПК, РИП; 3) проанализировать действующие проекты отработки медно-порфировых месторождений в рамках СЗПК и РИП и оценить степень их эффективности.

Для исследования нормативных правовых актов и их интерпретации в логической последовательности с использованием специальных юридических терминов и конструкций применялся формально-юридической метод. Для анализа особенностей различных правовых режимов, требований к инвесторам, определения эффективности режимов, их востребованности и влияния на развитие регионов применялся сравнительно-правовой метод.

Результаты исследования

Порядок заключения СЗПК регулируется Федеральным законом от 01.04.2020 № 69-ФЗ (ред. от 21.11.2022) "О защите и поощрении капиталовложений в Российской Федерации"[10] (далее – ФЗ о СЗПК). СЗПК — соглашение о защите и поощрении капиталовложений, которое по своей природе представляет разновидность форм государственной поддержки для крупных инвесторов. Это договор, сторонами которого являются инвестор и уполномоченный орган государственной власти. По условиям договора инвестор вкладывает деньги в определенный проект на территории РФ, а государство, в свою очередь, обязуется не применять к инвестору законы, ухудшающие выполнение инвестиционного проекта [11].

Согласно ст. 9 ФЗ о СЗПК ухудшающими условиями ведения предпринимательской и (или) иной деятельности признаются акты (решения), которые:

1) увеличивают сроки осуществления процедур, необходимых для реализации инвестиционного проекта;

2) увеличивают количество процедур, необходимых для реализации инвестиционного проекта;

3) увеличивают размер взимаемых с организации, реализующей проект, платежей, уплачиваемых в целях реализации инвестиционного проекта;

4) устанавливают дополнительные требования к условиям реализации инвестиционного проекта, в том числе требования о предоставлении дополнительных документов;

5) устанавливают дополнительные запреты, препятствующие реализации инвестиционного проекта.

Резидентом СЗПК может стать российское юридические лицо, реализующее инвестиционный проект, в том числе проектная компания (за исключением государственных и муниципальных учреждений, а также государственных и муниципальных унитарных предприятий), которое представило о себе достоверную информацию, в том числе информацию, соответствующую сведениям, содержащимся в ЕГРЮЛ, включая сведения о том, что заявитель не находится в процессе ликвидации, или в его отношении не принято решение о предстоящем исключении юридического лица из ЕГРЮЛ, а также что в отношении заявителя не возбуждено производство по делу о несостоятельности (банкротстве).

Каждое отдельное соглашение о защите и поощрении капиталовложений может быть заключено с определенным публично-правовым образованием, одним или несколькими. Под публично-правовым образованием в Российской Федерации понимаются собственно Российская Федерация, субъекты Российской Федерации, а также муниципальные образования. При этом в рамках СЗПК каждое из них несет ответственность на своем уровне, а именно: Российская Федерация отвечает за неприменение федеральных законов, ухудшающих положение инвестора, субъекты Российской Федерации – за региональные законы, муниципальные органы власти – за местные правовые акты.

Требования к инвестиционному проекту

Минимальный порог инвестиций для заключения федерального СЗПК в сфере промышленности и инфраструктуры – 750 млн рублей. Для региональных соглашений капиталовложения должны составлять от 200 млн до 1 млрд рублей (верхняя планка не применяется к Москве и Санкт-Петербургу). Чем больше вложения, тем больше стабилизационных гарантий получит инвестор (рис.1).

Рисунок 1. *Требования к инвестиционному проекту [12, 13]*

Заключение соглашения о защите и поощрении капиталовложений невозможно для таких сфер и видов деятельности, как игорный бизнес, производство табачных изделий и алкоголя, добыча сырой нефти и природного газа, оптовая и розничная торговля, деятельность финансовых организаций, строительство торговых и деловых центров, жилых и многоквартирных домов (ст. 6 ФЗ о СЗПК). Механизм СЗПК гарантирует неизменность условий реализации инвестпроектов, возмещение затрат на строительство инфраструктуры, а также уплату процентов по кредитам и займам. Стабилизационная оговорка гарантирует неизменность налогового законодательства, таможенного регулирования, условий землепользования, градостроительной деятельности и др.

Стабилизации подлежат:

– на срок, предусмотренный СЗПК, ставки по налогу на прибыль организаций, налогу на имущество, транспортному и земельному налогам, сроки уплаты и порядок возмещения НДС, а также ставки вывозных таможенных пошлин;

– на срок три года со дня вступления в силу актов, регламентирующих условия землепользования и градостроительной деятельности, ставки и (или) расширение платежной базы, используемые при определении платы за негативное воздействие на окружающую среду, платы за пользование водными объектами, экологического сбора (за исключением случаев, при которых ставки платы (сбора), используемые при определении размера платы, были повышены на величину, равную значению инфляции, при условии действия в этот период СЗПК), а также ставки платы за единицу объема лесных ресурсов, а также изменение порядка определения и общего размера арендной платы, устанавливаемых при использовании лесного участка с изъятием лесных ресурсов на арендуемом лесном участке (за исключением случаев, при которых ставки платы (сбора), используемые при определении размера платы, были повышены на величину, равную значению инфляции, при условии действия в этот период СЗПК).

В соответствии со статьями 342.8 - 342.10 Налогового кодекса РФ для новых инвестиционных проектов в сфере добычи полезных ископаемых, в отношении которых заключено и действует СЗПК, предусмотрена льгота в виде понижения коэффициентов, применяемых при исчислении налога на добычу полезных ископаемых.

Реализуемые в рамках СЗПК проекты осуществляются на условиях возможности возместить затраты на возводимую инфраструктуру, а также возврата уплаченных по кредитам и займам процентов в форме налогового вычета или субсидии за счет уплаченных налогов. Например, на объекты социальной, транспортной, энергетической инфраструктуры возможно возмещение затрат в объеме налоговых отчислений до 50% на обеспечивающую инфраструктуру в течение 5 лет и до 100% на сопутствующую инфраструктуру в течение 10 лет. В случае если инфраструктура создается, реконструируется или модернизируется возмещение затрат производится в тех же формах и объемах. При этом под обеспечивающей инфраструктурой понимаются объекты транспортной, энергетической, коммунальной, социальной, цифровой инфраструктур, используемые исключительно в целях реализации инвестиционного проекта и не являющиеся объектами сопутствующей инфраструктуры, а под сопутствующей инфраструктурой - объекты транспортной, энергетической, коммунальной, социальной, цифровой инфраструктур, используемые как в целях реализации инвестиционного проекта, так и в иных целях, в отношении которых организация, реализующая проект, понесла затраты, связанные с их созданием (строительством) либо реконструкцией и (или) модернизацией.

Механизм СЗПК может сочетаться с другими преференциальными режимами, и не исключает применение иных мер государственной поддержки. Поэтому резиденты ТОР и ОЭЗ могут быть одновременно участниками СЗПК.

Региональный инвестиционный проект (РИП)

Легальное определение РИП закреплено в Налоговом кодексе РФ. В частности, согласно ч. 1 ст. 25.8 Налогового кодекса РФ под региональным инвестиционным проектом понимается такой инвестиционный проект, целью которого является производственная деятельность по изготовлению товаров, соответствующая установленным законом требованиям, в отношении которого применяются налоговые льготы [14].

На основе данного определения можно сформулировать основные характеристики РИП. Прежде всего, целью РИП является производство, на сферу оказания услуг данный режим не распространяется. Дополнительным элементом для определения цели РИП является изготовление товаров. Под товарами в данном случае следует понимать любые вещи в гражданско-правовом смысле, обязательным свойством которых является их оборотоспособность. В экономическом смысле товаром признаются и услуги. Но положения закона, регулирующего налоговую сферу, рассматривают в качестве товара только овеществленные объекты гражданских прав. Также РИП должен соответствовать условиям, предусмотренным в законе. При наличии указанных критериев к проекту применяются льготы по определенному перечню обязательных платежей [15, 16].

Объем капитальных вложений по РИП в соответствии с инвестиционной декларацией не может быть менее:

- 50 млн. руб., в этом случае капитальные вложения должны быть осуществлены в срок, не превышающий 3-х лет со дня включения организации в реестр участников региональных инвестиционных проектов (но не позднее 31.12.2026);

- 500 млн. руб., при этом срок осуществления капитальных вложений не должен превышать 5-и лет, исчисляемых со дня включения организации в указанный реестр (и не позднее 31 декабря 2028 года).

Участникам РИП предусмотрены льготы:

- пониженная ставка налога на прибыль организаций, подлежащему зачислению в бюджет субъекта РФ (в размере 10 %);

- уменьшение суммы налога на имущество организаций, подлежащего уплате в бюджет субъекта РФ, на сумму налога, исчисленного в отношении объекта недвижимого имущества, в который осуществлены

капитальные вложения в рамках реализации РИП, рассчитанную пропорционально доле площади объекта недвижимого имущества, используемой для реализации РИП, в общей площади объекта.

Не каждое предприятие, осуществляющее производственную деятельность, может стать участником РИП. В список исключений законом внесены производства, связанные с добычей углеводородного сырья и его транспортировкой (при строительстве трубопроводов данный режим не может применяться); производство товаров, с которых взимаются акцизы (за исключением производства автомобилей легкового типа и мотоциклов). Также не подпадает под условия РИП деятельность, в отношении которой применяется нулевая ставка налога на прибыль организации. Во всех остальных случаях вид производства для инвестирования значения не имеет.

Отдельно законом установлены требования к резидентам РИП. В частности, инвестор должен быть зарегистрирован на территории того региона, в границах которого проект реализуется, и не иметь каких-либо подразделений в других регионах; не участвовать в ранее осуществлявшихся или осуществляемых в настоящее время РИП, не быть правопреемником по реализуемым РИП; не применять иных специальных налоговых режимов и не осуществлять деятельность в особых экономических зонах и на территориях с опережающим развитием; не состоять в консолидированной группе налогоплательщиков; не быть некоммерческим лицом, а также оператором финансовых рынков.

Сравнительный анализ условий и требований двух рассмотренных выше правовых режимов – СЗПК и РИП представлен в таблице 1.

Таблица 1

Условия СЗПК и РИП (составлено авторами на основе [5-7])

Требования, условия	РИП (региональный инвестиционный проект)	СЗПК (соглашение о защите и поощрении капиталовложений)
Связь с территорией	Реализуется в границах определенной территории	К территории не привязано
Отношение к минерально-сырьевому комплексу	**Не может быть применен для добычи и переработки нефти и природного газа, производства подакцизных товаров**	**Не применяется при добыче нефти и природного газа, производстве некоторых видов жидкого топлива**
Субъектом правоотношений, возникающих в рамках функционирования льготного налогового режима, является	Участник РИП (организация, включённая в реестр участников РИП), налоговые органы и субъект РФ (т.к. часть льготы — региональная ставка)	Организация, реализующая проект (российское юридическое лицо), публично-правовые образования (РФ/субъект РФ/муниципалитет), которые выступают сторонами СЗПК, а также уполномоченные органы и уполномоченная организация по сопровождению/мониторингу
Требование к субъектам правоотношений по поводу льготных налоговых режимов	Льготы РИП гарантированы организации, получившей статус участника РИП (включение в реестр) и соблюдающей условия применения льготных ставок (например, вести учёт результатов по РИП, получать прибыль от реализации товаров/работ/услуг в рамках РИП для старта льготного периода и т.п.)	Для заключения СЗПК необходимо соответствие критериям «нового инвестиционного проекта» и установленным требованиям закона
Требование к субъектам правоотношений	Организация должна быть российским юридическим лицом, не должна относиться к ряду категорий (банки, страховые организации, НПФ, профучастники РЦБ и т.п.), и должна соответствовать условиям НК РФ для статуса/льгот	Организация должна быть российским юридическим лицом, раскрывать бенефициарных владельцев, обычно требуется отсутствие задолженности по налогам/сборам/взносам/таможенным платежам
Налог на имущество организации	Федеральной обязательной льготы (как у ОЭЗ/ТОР) нет: дополнительные льготы для участников РИП могут устанавливаться субъектом РФ	СЗПК не устанавливает льготную ставку налога на имущество. В рамках СЗПК возможны выплаты/возмещение затрат резидента, но размер возмещения зависит от уплаченных в рамках проекта сумм, включая налог на имущество организаций
Налог на добавленную стоимость	Специальной льготы по НДС нет, применяется общий порядок НК РФ	СЗПК не снижает ставку НДС, но при возмещении затрат может использоваться НДС (за вычетом возмещённого НДС) как один из «лимитов/источников» расчёта предельного объёма возмещения затрат по соглашению
Налог на прибыль (возможность понижения налоговой ставки)	Ключевая льгота РИП: 0% в федеральный бюджет и пониженная ставка в бюджет субъекта РФ (в пределах условий НК РФ и закона субъекта РФ). Льготный период, как правило, привязан к моменту получения прибыли от реализации в рамках РИП и ограничивается правилами НК РФ	СЗПК не гарантирует пониженную ставку налога на прибыль. Его цель - стабилизационная оговорка (неприменение ухудшающих актов в пределах срока), а также возмещение затрат
Земельный налог: (возможность освобождения от уплаты земельного налога)	Режим РИП не гарантирует освобождение. Льготы по земельному налогу для участников РИП могут вводиться местными властями (муниципалитетами)	СЗПК не освобождает от земельного налога. Но земельный налог может использоваться как лимит возмещения затрат, если соглашением предусмотрена возможность возмещения «в пределах земельного налога»
Страховые взносы (возможность понижения размера страховых взносов)	Льгот нет. Применяются общие тарифы, если иное не предусмотрено отдельными нормами для конкретных категорий плательщиков	СЗПК не устанавливает пониженные тарифы страховых взносов. При этом для заключения/поддержания режима часто важно отсутствие задолженности по страховым взносам (как часть требований к заявителю/организации)
Налог на добычу ПИ	Возможна льгота не для всех: для отдельных регионов/типов РИП и при добыче ПИ предусмотрен специальный понижающий коэффициент (Ктд) по НДПИ.	СЗПК не предоставляет льготу по НДПИ
Инвестиции	Обязателен минимальный объём капитальных вложений в соответствии с НК РФ (распространенный порог 50 млн / 500 млн в установленные сроки — в зависимости от вида РИП и норм региона/НК). Капитальные вложения фиксируются/подтверждаются и связаны с правом на льготы.	Для СЗПК установлены пороговые объёмы капиталовложений (разные по уровню соглашения и сфере проекта), от 750 млн руб. – 10 млрд руб.

На основе проведенного сравнительного анализа РИП и СЗПК можно сделать следующие выводы. Правовую основу РИП составляют положения Налогового кодекса РФ и правовые акты субъектов РФ, на территории которых РИП реализуется. СЗПК регулируется федеральным законом № 69-ФЗ и постановлениями Правительства РФ. РИП является особым правовым режимом, который предназначен для стимулирования инвестиций в производство на уровне субъектов РФ. Данный режим, в первую очередь, обеспечивает налоговые льготы на региональном уровне, снижая тем самым налоговую нагрузку на инвесторов, создающих новое производство или модернизирующих уже существующее в конкретном субъекте РФ. СЗПК представляет собой договорный инструмент, который был разработан федеральными органами государственной власти для защиты интересов инвесторов путём фиксации стабильных условий реализации крупных инвестиционных проектов. СЗПК компенсирует расходы на инфраструктуру, фиксирует налоговые и правовые условия на весь срок реализации проекта. Таким образом, РИП ориентирован на региональные проекты, реализуемые в пределах одного субъекта РФ, и предоставляемые в рамках данного режима льготы носят преимущественно региональный характер. СЗПК имеет федеральное значение, охватывает крупные межрегиональные и национальные проекты. Условия СЗПК сводятся к компенсации инфраструктурных расходов и стабилизации правовых и налоговых условий, и механизмы компенсации обеспечиваются на федеральном уровне. В рамках РИП нет фиксированных размеров налоговых льгот, одинаковых для всех инвесторов. В связи с тем, что условия РИП регулируются законодательством субъектов РФ, размер предоставляемых налоговых льгот может различаться. Для вступления в РИП или СЗПК предусмотрены конкретные объемы инвестиций: для РИП от 50 млн рублей, для СЗПК – от 750 млн руб. Подтверждение объемов инвестиций и отчетность характерны для обоих правовых режимов.

Режимы РИП и СЗПК могут применяться не во всех сферах хозяйственной деятельности, каждый из них имеет свой перечень ограничений. В частности, оба рассматриваемых режима сходятся в исключении из возможных видов деятельности **добычи и переработки нефти и природного газа.** Однако для предприятий минерально-сырьевого комплекса, осуществляющих разработку медно-порфировых месторождений, подобные исключения не предусмотрены. Большинство инвестиционных проектов по добыче меди в настоящее время реализуются с использованием льготного режима ТОР (территории с опережающим развитием), например, месторождение «Песчанка» (Резидент ТОР «Чукотка»), «Кун-Маньё» (Резидент ТОР «Амурская»), «Култуминское» и «Лугоканское» (Резиденты ТОР «Забайкалье»). РИП и СЗПК используются реже, например, «Ак-Сугское» и «Малмыжское» месторождения меди, а также проект «Удоканская медь» [17, 18]. Среди крупнейших предприятий, добывающих медь и реализующих проекты в режиме РИП, можно назвать ГМК «Норникель», Уральскую горно-металлургическую компанию (УГМК), Русскую медную компанию (РМК) и ряд других.

Уральская горно-металлургическая компания является крупнейшим в России производителем меди. Объем добычи составляет более 40% от всей меди, добываемой в России. УГМК реализует ряд инвестиционных проектов, которые связаны с расширением и модернизацией производственных мощностей. В структуру УГМК входят такие предприятия, как Гайский ГОК, который работает в режиме РИП. Русская медная компания специализируется на освоении медно-порфировых месторождений. Она также реализует множество крупных инвестиционных проектов в режиме РИП, в том числе строительство ГОКов и развитие инфраструктуры. В числе наиболее перспективных проектов РМК – освоение Малмыжского месторождения. В режиме СЗПК осуществляет освоение Удоканского месторождения меди в Забайкалье Компания «Удоканская медь». Объем инвестиций составляет около 230 млрд рублей [17, 18]. Данное месторождение имеет стратегическое значение для экономики России и направлено на выпуск высокочистой катодной меди и сульфидного концентрата.

Заключение

Создание и функционирование преференциальных режимов – распространенная практика повышения инвестиционной привлекательности отдельных территорий, поддержки развития отдельных секторов экономики. В России действует расширенная линейка льготных режимов, которые создавались в разное время и с разными целями. Как правило, эти механизмы стимулирования инвестиционной деятельности представляют собой облегченный налоговый режим для резидентов.

Режим СЗПК является договорным инструментом, который дает инвестору предсказуемость и защиту от ухудшающих изначальное положение изменений регулирования (стабилизационная оговорка), а также возможность компенсации части затрат на инфраструктуру. При этом сам по себе СЗПК не заменяет налоговые льготы. Они зависят от региональных и федеральных мер поддержки.

РИП – налоговый режим (прежде всего по налогу на прибыль и в отдельных случаях по НДПИ). Он привязан к параметрам инвестиционного проекта (объему капиталовложений, срокам, территории реализации) и к ведению специального учета результатов проекта.

Для того чтобы стать резидентом РИП или СЗПК необходимо подтверждение объемов инвестиций и ведение отчетности. Для РИП также важно соблюдение условия территориальности: резидент должен иметь регистрацию на территории, где этот режим осуществляется (в границах установленной зоны), и не иметь филиалов и иных обособленных подразделений за пределами зоны преференциального режима. В режиме СЗПК привязка к территории отсутствует.

Как правило, преференциальные режимы существуют автономно на одних и тех же территориях и не сочетаются друг с другом, потому что создаются под конкретную задачу. РИП, также как ТОР и ОЭЗ (особая экономическая зона), исключают друг друга: резидент может использовать только один из режимов, что, отчасти, снижает их эффективность. Исключение составляет режим СЗПК, который может сочетаться с другими режимами.

СЗПК и РИП являются востребованными льготными режимами в среде горнодобывающих предприятий, тогда как режимы ОЭЗ и ТОР чаще применяются к переработке сырья, инфраструктуре, логистике и обслуживающим производствам. Обусловлено это тем, что для проектов по добыче полезных ископаемых актуальными являются инструменты, связанные со стабильностью правил и условий (СЗПК) и налоговыми преференциями по прибыли/НДПИ (РИП).

Литература

1. S&P Global (2026)/ Copper in the Age of AI. https://www.spglobal.com (дата обращения: 22.05.2026).
2. Геологическая служба и научно-исследовательская правительственная организация – USGS. URL: https://www.usgs.gov/ (дата обращения 23.05.2026).
3. Емельянов А. А., Кельчевская Н. Р., Пелымская И. С. Оценка конкурентоспособности региональных горно-металлургических кластеров // Экономика региона. — 2020. — Т. 16, вып. 1. — С. 213-227 https://doi.org/10.17059/2020-1-16
4. Luebeck Ju V Integrated stakeholder analysis in investment project implementation under concession agreements in the region of Russia with mineral and raw material orientation Revista Espacios. 2019. №40. pp. 1-22. https://www.revistaespacios.com/a19v40n32/19403222.html
5. Пономаренко Т.В., Хан-Цай Э.А., Бавуу Ч. Комплексные горнодобывающие проекты на слабоосвоенных территориях России: обоснование параметров реализации // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 724–730. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.724
6. Потенциал развития горнодобывающего сектора России / Е.С. Матерова, Ж.А. Аксенова, А.А. Никифоров, Ф.С. Абдулганиев, Н.З. Сафиуллин // Уголь. 2024. № 12. С. 41–46. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-41-46.
7. González, A., Sánchez, F., & Castillo, E. (2024). The nationalization of the large-scale copper mines in Chile: successful investment or financial failure? Mineral Economics, 37(4), 787–807. https://doi.org/10.1007/s13563-023-00412-z
8. Литвиненко В.С., Петров Е.И., Василевская Д.В., Яковенко А.В., Наумов И.А., Ратников М.А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 95–111. DOI: 10.31897/PMI.2022.100
9. Лапинскас А.А. Влияние горной ренты на эффективность использования природного потенциала: парадокс изобилия и его российская специфика // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 79-94. DOI: 10.31897/PMI.2023.13
10. Федеральный закон от 01.04.2020 № 69-ФЗ (ред. от 21.11.2022) "О защите и поощрении капиталовложений в Российской Федерации" //Российская газета, № 72, 03.04.2020.
11. Постановление Правительства РФ от 13.09.2022 № 1602 "О соглашениях о защите и поощрении капиталовложений" //Собрание законодательства РФ, 26.09.2022, № 39, ст. 6602. https://base.garant.ru/405299567/
12. СЗПК: Новый инструмент поощрения инвестиций в России. 2020. https://pravo.ru/story/223639/
13. Методические рекомендации по вопросам заключения соглашений о защите и поощрении капиталовложений. Агентство инвестиционного развития. Москва. 2021. С.126.
14. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ред. от 19.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2024) //Российская газета, № 148-149, 06.08.1998
15. Мирзаев, Р. М. Региональный инвестиционный проект: баланс фискальных полномочий / Р. М. Мирзаев // Актуальные проблемы российского права. – 2020. – Т. 15, № 10(119). – С. 57-64. – DOI 10.17803/1994-1471.2020.119.10.057-064. – EDN HZEEQL.
16. Инвестиционные проекты горной отрасли. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/invest (дата обращения 23.05.2026)
17. Резидент ТОР «Забайкалье» с опережением сроков начал разработку Удоканского месторождения меди https://minvr.gov.ru/ (дата обращения 23.05.2026)
18. Новый резидент ТОР «Чукотка» построит горно-обогатительный комбинат для освоения Баимской рудной зоны https://minvr.gov.ru/ (дата обращения 23.05.2026)

Evaluation of the conditions of state support for large investment projects using the copper industry as an example

Naumov I.A., Pasternak S.N., Marina O.A.
Empress Catherine II St. Petersburg Mining University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

This article is devoted to the study of legal regimes established for certain territories within the framework of the Agreement on the Protection and Promotion of Capital Investments (hereinafter referred to as the SPPI) and the Regional Investment Project (hereinafter referred to as the RIP). These institutions are designed to stimulate the economic development of regions and attract investment. The article analyzes the legal acts that regulate the formation and functioning of such territories. Special attention is given to the provisions of the Tax Code of the Russian Federation, which establish special conditions for enterprises operating under these regimes. Based on the analysis and comparison of the conditions, various benefits, and requirements for potential participants in such economic activities, the authors identify the common features and characteristics of each legal regime and conclude which form of territory with a special regime is most effective for mineral resource enterprises that develop copper-porphyry deposits.

Keywords: territories with a special regime, agreement on the protection and promotion of capital investments, regional investment project, copper deposit development projects, investments, government support measures.

References

1. S&P Global (2026). Copper in the Age of AI. https://www.spglobal.com (accessed: May 22, 2026).
2. Geological Survey and Government Research Organization – USGS. URL: https://www.usgs.gov/ (accessed: May 22, 2026).
3. Emelyanov, A. A., Kelchevskaya, N. R., & Pelymskaya, I. S. (2020). Assessment of the competitiveness of regional mining and metallurgical clusters. Economy of the Region, 16(1), 213-227. https://doi.org/10.17059/2020-1-16
4. Luebeck Ju V Integrated stakeholder analysis in investment project implementation under concession agreements in the region of Russia with mineral and raw material orientation Revista Espacios. 2019. №40. pp. 1-22. https://www.revistaespacios.com/a19v40n32/19403222.html
5. Ponomarenko T.V., Khan-Tsai E.A., Bavuu Ch. Integrated mining projects in underdeveloped territories of Russia: justification of implementation parameters // Proceedings of the Mining Institute. 2019. Vol.240. p. 724–730. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.724

6. Development potential of the Russian mining sector / E.S. Materova, Zh.A. Aksenova, A.A. Nikiforov, F.S. Abdulganiev, N.Z. Safiullin // Coal. 2024. № 12. P. 41–46. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-41-46.
7. González, A., Sánchez, F., & Castillo, E. (2024). The nationalization of the large-scale copper mines in Chile: successful investment or financial failure? Mineral Economics, 37(4), 787–807. https://doi.org/10.1007/s13563-023-00412-z
8. Litvinenko V.S., Petrov E.I., Vasilevskaya D.V., Yakovenko A.V., Naumov I.A., Ratnikov M.A. Assessing the role of the state in the management of mineral resources // Proceedings of the Mining Institute. 2023. Vol.259. C. 95–111. DOI: 10.31897/PMI.2022.100
9. Lapinskas, A. A. (2023). The impact of mineral rent on the efficiency of natural potential utilization: the paradox of plenty and its Russian specifics. Proceedings of the Mining Institute, 259, 79-94. DOI: 10.31897/PMI.2023.13
10. Federal Law No. 69-FZ dated April 1, 2020 (as amended on November 21, 2022) "On the Protection and Promotion of Capital Investments in the Russian Federation" // Rossiyskaya Gazeta, No. 72, April 3, 2020.
11. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1602 dated September 13, 2022 "On Agreements for the Protection and Promotion of Capital Investments" // Collection of Legislation of the Russian Federation, September 26, 2022, No. 39, Art. 6602. https://base.garant.ru/405299567/ (accessed: May 23, 2026)
12. SZPK: A new instrument for encouraging investment in Russia. 2020. https://pravo.ru/story/223639/
13. Methodological recommendations on concluding agreements on the protection and promotion of capital investments. Investment Development Agency. Moscow. 2021. P. 126.
14. Tax Code of the Russian Federation (Part One) No. 146-FZ dated July 31, 1998 (as amended on December 19, 2023) (with amendments and additions, effective from March 1, 2024) // Rossiyskaya Gazeta, No. 148-149, August 6, 1998.
15. Mirzaev, R. M. (2020). Regional investment project: balance of fiscal powers. Actual Problems of Russian Law, 15(10), 57-64. DOI: 10.17803/1994-1471.2020.119.10.057-064. EDN: HZEEQL.
16. Investment projects in the mining industry. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/invest (accessed: May 23, 2026).
17. A resident of the Transbaikal Priority Development Area (ASEZ) has begun development of the Udokan copper deposit ahead of schedule. https://minvr.gov.ru/ (accessed: May 23, 2026)
18. A new resident of the Chukotka Priority Development Area (ASEZ) will build a mining and processing plant to develop the Baimskaya ore zone. https://minvr.gov.ru/ (accessed: May 23, 2026)

Методические подходы к комплексной оценке текущего уровня инвестиционной привлекательности компании

Никитина Елена Александровна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика и менеджмент», Тульский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, eanikitina@fa.ru,

Смородин Иван Игоревич
магистр, направление подготовки «Стратегия и финансы бизнеса», кафедра «Экономика и менеджмент», Тульский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, ivan.smorodin.01@mail.ru,

Дмитриева Дарья Дмитриевна
магистр, направление подготовки «Стратегия и финансы бизнеса», кафедра «Экономика и менеджмент», Тульский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, dmitrievadd2003@mail.ru

Актуальность статьи обусловлена тем, что в современных условиях рыночной экономики коммерческие организации должны постоянно развиваться и совершенствоваться, для чего им необходимы инвестиционные ресурсы. В связи с этим в последнее время большое значение корпоративный менеджмент придаёт инвестициям, как важнейшему механизму привлечения средств для стратегического развития деятельности. Однако проблемой является отсутствие единой методики, применение которой способствовало бы проведению комплексной оценки системы показателей, определяющих инвестиционную привлекательность организации с учетом ее региональной, отраслевой специфики и внешнего окружения. При этом ключевой задачей при осуществлении инвестирования становится комплексная оценка инвестиционной привлекательности компании. Целью статьи является обобщение существующих методических подходов к оценке инвестиционной привлекательности предприятия и разработка рекомендаций по их совершенствованию. Для достижения цели в статье проанализированы представленные в научной литературе методики оценки инвестиционной привлекательности организации и разработаны предложения по методическому совершенствованию комплексной оценки инвестиционной привлекательности предприятия. В процессе исследования предложена авторская методика комплексного анализа инвестиционной привлекательности компании, в которой, учитывая ключевые определяющие факторы, их оценка приводится к обобщающему интегральному показателю. Такой анализ позволяет сформулировать наиболее обоснованный вывод о состоянии компании как потенциального объекта инвестирования.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционная привлекательность, комплексный анализ, интегрально-рейтинговая оценка, бизнес-развитие компании.

Введение

В современных условиях ключевым вопросом при осуществлении инвестирования является правильный выбор объекта вложений. Для принятия окончательного решения инвестору необходимо проводить комплексную оценку инвестиционной привлекательности выбранного объекта. От результатов оценки значительно зависит степень реализации целей инвестирования, как с точки зрения инвестора, так и с точки зрения предприятия-реципиента инвестиций. В свою очередь достоверность и объективность полученных результатов анализа зависят от применяемых методов оценки.

В научной и экономической литературе авторами предложены различные методики оценки инвестиционной привлекательности организаций, однако, каждая из них основана на сводных показателях финансовой отчетности и имеет наиболее общую направленность. При этом недостаточно исследованными остаются такие аспекты оценки инвестиционной привлекательности, как оценка внешней среды организации, которая оказывает влияние на компанию, а также применяемые в различных методиках показатели оценки, которые достаточно часто имеют лишь теоретическое описание, но трудно реализуемы на практике. В связи с этим возникает потребность в разработке методики, которая будет способствовать дифференцированному подходу к оценке инвестиционной привлекательности.

Методологические аспекты вопроса оценки инвестиционной привлекательности рассмотрены и описаны в работах таких отечественных исследователей, как: Ендовицкий Д. А., Бабушкина В. А., Батурина Н. А., Казакова Н. А., Крейнина М. Н., Мельничук О. М., Щиборщ К. В., Севрюгин Ю. В., Бланк И. А., Ткачев В. С., Теплова Т. В., Верзакова А. А., Савенкова Е. В., Крылова Э. И. и других.

Из числа зарубежных авторов, проводящих исследования в рамках рассматриваемой проблематики, можно отметить У. Шарпа, Г. Александера, Дж. Бейли, А. Дамодарана и другие.

Проведя анализ научной и экономической литературы, следует указать на недостатки в методологических разработках, касающихся оценки уровня инвестиционной привлекательности предприятий. Так, до настоящего времени исследователи не пришли к единому определению понятия «инвестиционная привлекательность», учитывающего все важные аспекты инвестиционной деятельности; отсутствует комплексный подход к оценке привлекательности предприятия для инвесторов; существующие методики не учитывают весь спектр факторов, определяющих инвестиционную привлекательность предприятия (в большинстве своем они ограничиваются лишь показателями его финансового состояния); использование разных моделей оценки может приводить к различным результатам, противоречащим друг другу [1, с. 2].

Научная новизна исследования заключается в разработке теоретико-методических положений, касающихся совершенствования оценки инвестиционной привлекательности организации, с учётом критериальных требования современных компаний и специфики текущей экономической ситуации. Результаты исследования в данном направлении конкретизируются в форме авторской комплексной методики оценки.

Теоретическая значимость состоит в дополнении методологии оценки инвестиционной привлекательности предприятия на основе анализа взвешенных по степени важности внешних (на уровне страны, региона, отрасли) и внутренних (финансовых и нефинансовых) факторов, оказывающих влияние на инвестиционную привлекательность компании, и расчёта итогового интегрально-рейтингового показателя предприятия.

Практическая значимость результатов проведённого исследования состоит в том, что разработанная методика создает теоретическую и методологическую основу для оценки инвестиционной привлекательности организации и может быть использована в области решения конкретных управленческих задач предприятия.

Результаты исследованияСовременное рыночное ведение хозяйственной деятельности требует постоянного финансирования, которое в большинстве своём зависит от того, насколько субъект хозяйствования экономически привлекателен и выгоден для вложения средств. Развитие такой деятельности и особенности её осуществления нуждаются в соответствующем методическом обеспечении процессов анализа и оценки эффективности.

В настоящее время оценке инвестиционной привлекательности хозяйствующего субъекта посвящено достаточно большое количество научных работ, в которых исследователи предлагают различные подходы, методики и методы, включающие в себя различные параметры – как с точки зрения финансово-хозяйственной деятельности, внутренней среды организации, так и с точки зрения влияния внешней среды. При этом многие авторы классифицируют существующие подходы и методики по различным основаниям. Рассмотрим наиболее известные и часто встречающиеся классификации.

Что касается подходов к оценке привлекательности компании для инвестирования, то условно их можно разделить на следующие укрупнённые группы (рисунок 1) [1, с. 3]:

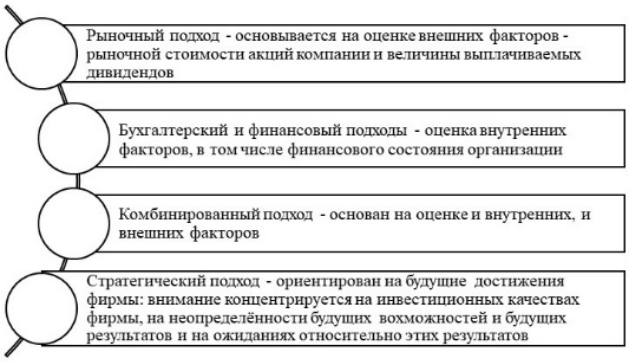


Рисунок 1 – Подходы к оценке инвестиционной привлекательности фирмы

Перечисленные подходы имеют свои преимущества для решения определённых задач, стоящих перед инвестором или предприятием. При этом рассмотренные подходы не выступают в качестве альтернативы друг другу, а являются взаимодополняющими, поскольку расширяют возможности при оценке привлекательности предприятия.

Классификации существующих методик оценки по определённым признакам схожи с классификацией подходов к оценке. Так, исследователь М.В Чараева объединяет все существующие методики в две большие группы [2, с. 87]:

1) методики, в соответствии с которыми уровень инвестиционной привлекательности организации полностью определяется на основе оценки и анализа его финансового состояния. В качестве исходной информации используется финансовая отчётность и рассчитанные на её основе показатели финансового состояния. К сторонникам данного подхода можно отнести В.М. Власова, Э.И. Крылова, М.Г. Егорова и т.д. Наиболее проработанной методикой оценки в данном направлении можно считать методику К.В. Щиборща, который оперирует относительными показателями, позволяющими инвестору сравнивать между собой оцениваемые предприятия. В то время, как другие перечисленные авторы в своих методиках используют абсолютные показатели, что, на наш взгляд, является недостаточно применимым при принятии инвестиционных решений;

2) методики, которые при оценке учитывают влияние внешних и внутренних (финансовых и нефинансовых) факторов на привлекательность предприятия для инвестирования и на характер изменения уровня инвестиционной привлекательности в зависимости от рассматриваемых факторов [6, с. 41]. Общим для всех методик данной группы можно выделить то, что вне зависимости от количества факторов, учитываемых при оценке, и способа определения конечных показателей, все методы данной группы построены по принципу «от частного к общему» (рисунок 2)

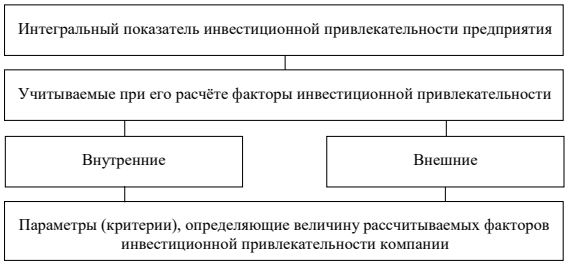


Рисунок 2 – Схема оценки инвестиционной привлекательности с учётом внешних и внутренних факторов

Также общей чертой является и то, что все методики включают в себя учёт достаточно большого числа факторов. Однако, степень проработанности методик такого учёта разная. Например, в методике Д.В. Дорошина содержатся лишь информация о расчёте локальных индикаторов привлекательности через отношение величины её фактора к риску недостижения этой величины. А методика В.А. Бабушкина включает расчёт интегрального показателя инвестиционной привлекательности вложений лишь в долгосрочные долговые и долевые ценные бумаги, а расчётов по другим видам вложений не предусматривает.

Другая классификация методов оценки инвестиционной привлекательности, предложенная Н.В. Цопа, подразумевает их разделение на пять видов в зависимости от способа оценки:

1. Методы экспертной оценки – в основном используются для оценки инвестиционной привлекательности региона или страны, а не конкретного хозяйствующего субъекта;
2. Методы интегральной оценки – применяются для осуществления более точного анализа и оценки финансового состояния конкретной организации. Ярким примером данной группы выступает методика И.А. Бланка [6, с. 42];
3. Методы комплексной оценки – в соответствии с ними анализ инвестиционной привлекательности проводится с позиции оценки инвестиционной привлекательности региона, в котором функционирует компания, а также инвестиционной привлекательности отрасли, в рамках которой осуществляет свою деятельность компания. Такие методы рассматриваются Р.С. Сайфулиным и А.Д. Шереметом;
4. Методы рейтинговой оценки – проводится анализ с использованием финансовых показателей предприятия, но полученные значения используются для ранжирования анализируемых предприятия по степени их инвестиционной привлекательности;
5. Методы обобщающих групповых коэффициентов – фактически являются дополнением к рейтинговым методам, поскольку заключаются в расчёте обобщающего рейтингового показателя инвестиционной привлекательности фирмы [6, с. 42].

В дополнение к данной классификации можно привести группировку на основе отдельных составляющих общей привлекательности фирмы для инвесторов (привлекательность продукции, инноваций, территориальная привлекательность, социальная привлекательность и т.д.). Однако, стоит отметить, что две приведённые классификации можно объединить по одному классификационному признаку – оценка внутренних факторов инвестиционной привлекательности предприятия.

На основе выше приведённых классификаций, следует констатировать, что существующие на сегодняшний день методики основаны на различных показателях, способах анализа и интерпретации результатов. Поскольку инвестиционная привлекательность является комплексной характеристикой, то далее предлагается провести сравнительный анализ тех методик, которые учитывают факторы, отражающие развитие предприятия в долгосрочной перспективе, его финансовое состояние, а также внешние процессы (таблица 1) [2, с. 87].

Таблица 1
Методики, оценивающие перспективное развитие предприятия

Метод	Особенности метода
1	2
Нормативно-правовой	Для оценки применяются «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов». Данная методика приближённо представлена в следующих документах: Приказ ФСФО РФ от 23.01.2001 г. № 16 «Об утверждении методических указаний по проведению анализа финансового состояния организаций» и Постановление Правительства РФ от 25.06.2003 г. № 367 «Об утверждении правил проведения арбитражным управляющим финансового анализа». Документы содержат показатели оценки финансовой устойчивости, ликвидности и платёжеспособности, но они не отражают инвестиционную привлекательность компании в полной мере.
Дисконтированных денежных потоков	Осуществляется сравнение объектов вложения с учётом временного фактора без длительных вычислений. Важное преимущество – выявление таких потенциальных показателей привлекательности для инвестора, которые не были выявлены другими методами. Существенный недостаток – степень влияния на результат денежных потоков при начальной оценке и ставок дисконтирования
Анализ факторов внешнего и внутреннего воздействия	Первоначальная оценка факторов основана на методе Дельфи. Далее формируется многофакторная модель, на основе которой появляется возможность прогнозировать инвестиционную привлекательность. На основе полученного прогноза и оценки факторов разрабатываются меры по изменению инвестиционной привлекательности компании. Недостаток – наличие субъективизма при выработке первичных факторов.
Семифакторная модель	В основе модели лежат оценочные показатели, которые можно разделить на две группы: показатели, отражающие степень использования активов и показатели, определяющие финансовую устойчивость предприятия, что позволяет отслеживать динамику изменения показателя привлекательности предприятия [2, с. 87].

	Использование данной модели осуществляется на основе бухгалтерских показателей и не учитывает влияние внешней среды, что является её недостатком, поскольку в современных условиях при осуществлении инвестиционной деятельности необходимо учитывать фактор инфляции, риска и т.д..
Интегральный	Метод базируется на учёте относительных внутренних показателей деятельности организации, оказывающих влияние на степень её инвестиционной привлекательности, которые группируются в 5 блоков. Синтез факторов, различных по своим параметрам, и их приведение к единому интегральному показателю упрощает процесс оценки инвестиционной привлекательности
	Получение такого показателя является объективным, что говорит о достоинстве данного метода. Тем не менее метод также не учитывает влияние всех необходимых факторов, концентрируясь только не внутренних.
Комплексный	Метод является, по своей сути, симбиозом различных методов. Основан на анализе внешних и внутренних факторов и состоит из трёх разделов – общего (оценка качественных (нефинансовых) показателей), специального (оценка количественных (финансовых) показателей) и контрольного (общий вывод об уровне инвестиционной привлекательности). По итогу реализации разделов формируется единый интегральный показатель. Достоинства – наличие большой совокупности различных показателей и их приведение к единому показателю. Недостатки – наличие субъективизма при выставлении экспертных оценок.

Подходы, существующие в настоящий момент в научной литературе, имеют свои недостатки – например, в части используемой информационной базы для проведения анализа или в части объектов оценивания, поскольку некоторые методики направлены лишь на оценку субъектов экономической деятельности, обладающих определёнными экономическими и юридическими свойствами, либо на оценку процессов, происходящих в упомянутых субъектах. При этом методики сосредоточены на анализе множества разрозненных показателей, которые взаимосвязаны между собой, что представляет сложность при проведении расчётов и формировании выводов. Вследствие чего ценность и практическая значимость методик снижается. Из этого следует констатировать, что вопросы оценки привлекательности предприятий для инвестиций требуют развития. В условиях воздействия на предприятия различных факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность, авторы считают обоснованным приоритетность использования комплексного подхода при проведении анализа, который должен базироваться на учёте многих факторов, в том числе различных видов организационно-правовых форм хозяйствующих субъектов, а также должен позволять анализировать привлекательность предприятий для любого инвестора на основе открытой информации, что позволяет расширить его применение.

В основу предлагаемой методики положены наиболее существенные для любого инвестора, по мнению автора, этапы оценки при выборе объекта инвестирования, а именно (рисунок 3):

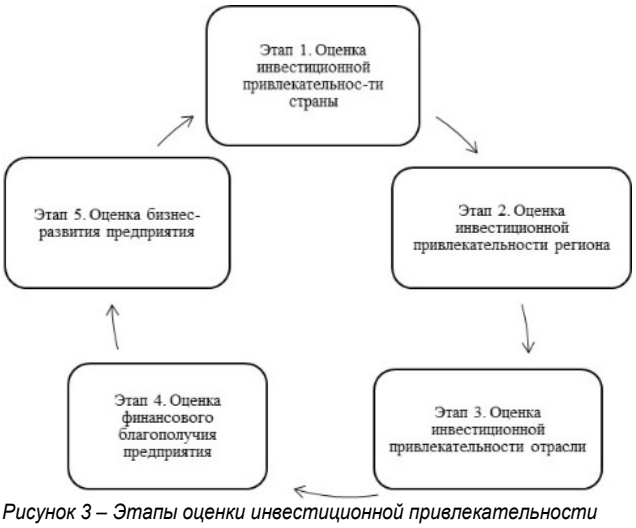


Рисунок 3 – Этапы оценки инвестиционной привлекательности предприятия по авторской методике

Подробно рассмотрим и опишем каждый представленный этап.

Этап 1. Многими исследователями оценку привлекательности страны для инвестиций предлагается проводить с использованием рейтинговых индексов различных международных агентств. Однако, в условиях современной нестабильной геополитической обстановки подобные рейтинги являются неэффективными по многим причинам. Например, невозможность использования индексов для долгосрочного планирования, поскольку международная обстановка меняется очень быстрыми темпами, что влечёт за собой изменение первичной информации для проведения оценки, а также учёт в рейтингах только определённых стран, разделённых на экономические и политически блоки, что снижает выборку при анализе. В связи с этим с помощью представленной методики предлагается оценивать инвестиционную привлекательность страны с позиции рискованности вложения на её территории. Ведь инвестирование – это деятельность, несущая в себе определённый риск, степень которого зависит от условий вложения и от готовности инвестора к риску. Поэтому для оценки наличия рисков при вложении в субъект хозяйствования на территории страны определяется перечень рисков по их группам (политические, производственные, инновационные, природно-климатические, макроэкономические и т.д.) и проводится их ранжирование на основе экспертной балльно-рейтинговой оценки. При этом для оценки и сравнения разных стран конкретный перечень рисков в каждой сфере возникновения инвестор выбирает по своему предпочтению. Каждая зона риска при этом имеет свою оценку, которая идёт в расчёт итогового интегрального показателя инвестиционной привлекательности.

Данный этап инвесторам следует реализовывать только при анализе возможности вложения средств за рубежом, то есть при осуществлении иностранного инвестирования. В случае оценки инвестиционной привлекательности отечественного субъекта хозяйствования данный этап реализовывать не следует.

Этап 2. Инвестиционная привлекательность региона - также имеет немаловажное значение при выборе объекта инвестирования. В предлагаемой методике оценку данного критерия предлагается проводить по интегральному показателю инвестиционной привлекательности регионов, который объединяет пять групп критериальных показателей: инфраструктурные, экономические, социальные, финансовые ресурсы, состояние окружающей среды.

По результатам оценки все регионы распределяются по трём классам инвестиционной привлекательности – А (высокий уровень, с выделением трех подклассов), В (средний уровень, с выделением двух подклассов), С (низкий уровень).

Этап 3. Инвестиционной привлекательности отрасли большинством авторов уделяется мало внимания и чаще всего её оценка приравнивается к оценке инвестиционной привлекательности региона. Однако, на наш взгляд, такой подход является неверным, поскольку после выбора региона для осуществления вложений потенциальному инвестору следует определиться с отраслевым направлением вложения. Поэтому авторами предлагается учитывать отраслевую компоненту на основе анализа показателя объёма отечественных инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности выбранного региона. При этом для анализа наиболее выгодных отраслей предлагается провести их классификацию по четырём типам инвестиционных потоков, и для расчёта итогового интегрального показателя инвестиционной привлекательности каждому из них присвоим оценку от 1 до 4 баллов:

1) отрасли с растущим притоком инвестиций – оценка 4 балла;
2) отрасли со стабильным притоком инвестиций – оценка 3 балла;
3) отрасли с нестабильным притоком инвестиций – оценка 2 балла;
4) отрасли, характеризующиеся оттоком инвестиций – оценка 1 балл.

Такой анализ позволит инвестору оценить существующие в регионе отрасли по степени востребованности инвестиций и динамике вложений в эти отрасли.

Этап 4. Оценка финансового благополучия предприятия – один из ключевых этапов количественного анализа инвестиционной привлекательности, для инвестора наиболее значимыми будут показатели по таким направлениям, как:

- финансовое состояние – оценка финансовой устойчивости, ликвидности, вероятности банкротства;
- эффективность деятельности и деловая активность – коэффициенты оборачиваемости и рентабельности.

Условием финансового благополучия хозяйствующего субъекта будет являться соответствие нормативам по таким критериальным показателям, как вектор его финансовой устойчивости, ликвидность баланса, вероятность банкротства (оцениваемая на основе Иркутской модели), соответствие эффективности деятельности и деловой активности отраслевым показателям.

Степень соответствия нормативным показателям определяет уровень финансового благополучия предприятия, имеющий свою оценку, которая идёт в расчёт итогового интегрального показателя инвестиционной привлекательности (таблица 2).

Поскольку этап 4 включает в себя несколько групп финансовых показателей, предлагается давать общую оценку данному этапу путём определения среднеарифметического значения всех балльных оценок, выставленных по каждому направлению финансового анализа. По полученному баллу на основе таблицы 3 определяется финансовое благополучие компании.

Таблица 2
Матрица оценки финансовых показателей

Показатель	Оценка			
	3	2	1	0
Вектор финансовой устойчивости	Абсолютная финансовая устойчивость	Нормальная финансовая устойчивость	Неустойчивое финансовое состояние	Кризисное финансовое состояние
Ликвидность баланса	Абсолютная ликвидность или не выполняется одно неравенство	Не выполняются два неравенства	Не выполняются три неравенств	Не выполняются все неравенства
Вероятность банкротства	Минимальная или низкая	Средняя	Высокая	Максимальная
Эффективность деятельности (рентабельность)	Три показателя соответствуют нормативу	Два показателя соответствуют нормативу	Один показатель соответствует нормативу	Ни один показатель не соответствует нормативу
Деловая активность (оборачиваемость)	Четыре показателя соответствуют нормативу или один не соответствует	Два показателя соответствуют нормативу	Один показатель соответствует нормативу	Ни один показатель не соответствует нормативу

Таблица 3
Характеристика финансового благополучия предприятия

Комплексная оценка показателей бизнес-развития фирмы	Набранный балл
Благополучное финансовое состояние	2-3
Удовлетворительное финансовое состояние	1-1,9
Кризисное финансовое состояние	0-0,9

Этап 5. Оценка бизнес-развития предприятия – представляет собой качественную оценку ведения и стабильности хозяйственной деятельности оцениваемого хозяйствующего субъекта по следующим направлениям:

1) положительная кредитная история;

2) уровень управления (квалификация и качество управленческих решений руководящего состава) и роль собственников компании (открытость и достоверность информации об акционерах компании). Для оценки данного критерия предлагается использовать такой набор критериев, как информация об акционерах, наличие в компании агентских конфликтов, устойчивость управленческого аппарата, конфликты с государственными и налоговыми органами, с рядовым персоналом.

3) деловая репутация (отношение к предприятию основных субъектов рынка).

4) факторы рыночного риска – в сегодняшней быстроменяющейся рыночной системе актуальным критерием оценки инвестиционной привлекательности следует считать способность адаптироваться к новым условиям, взаимоотношение с конкурентами, наличие кооперации, зависимость от сезонных колебаний, уровень конкурентоспособности продукции, зависимость от поставщиков и т.д.

Заключительным этапом реализации методики является формирование итогового интегрального показателя инвестиционной привлекательности предприятия. Стоит отметить, что предложенные этапы оценки инвестиционной привлекательности могут реально не отображать истинные цели принятия инвестиционных решений, поскольку, как уже было сказано, многое зависит как от инвестора, так и от предприятия. В связи с этим при формировании итогового интегрального показателя оценки инвестиционной привлекательности возможна корректировка весовых коэффициентов рассматриваемых этапов. Например, если оцениваемая компания является российской и потенциальный инвестор также находится на территории России, то реализация первого этапа теряет свою актуальность, что требует корректировки. Исходя из этого можно предложить следующее весовое распределение значимости этапов анализа (таблица 4).

Таблица 4
Значимость направления анализа при расчёте интегрального показателя инвестиционной привлекательности

Направления анализа в методике	Вес направления в интегральном показателе	
	Для отечественных инвесторов	Для зарубежных инвесторов
Оценка инвестиционной привлекательности страны	-	0,1
Оценка инвестиционной привлекательности региона	0,15	0,15
Оценка инвестиционной привлекательности отрасли	0,15	0,15
Оценка финансового благополучия предприятия	0,35	0,3
Оценка бизнес-развития предприятия	0,35	0,3

Такое распределение весовых коэффициентов обусловлено тем, что при оценке конкретного экономического субъекта степень неопределённости достижения ожидаемых результатов ниже при оценке финансового благополучия и бизнес-развития самого субъекта, чем при оценке инвестиционной привлекательности страны, региона и отрасли. Это и позволяет считать оценку показателей в рамках последних двух этапов оценки инвестиционной привлекательности более значимой.

Формирование комплексного показателя инвестиционной привлекательности предлагается путём умножения оценки по каждому из пяти этапов, описанных выше, на весовые значения, указанные в таблице 4 (формула 1):

$$IA = \sum_{i=1}^{n} q_i * k_i \quad (1)$$

где IA – инвестиционная привлекательность;

n – количество оцениваемых показателей;

q_i – вес i-го показателя в показателе инвестиционной привлекательности;

k_i – балльное значение i-го показателя.

И затем определяется рейтинг инвестиционной привлекательности предприятия на конкретный временной период и даётся характеристика каждому рейтингу (таблица 5):

Таблица 5
Рейтингование инвестиционной привлекательности

Оценка, балл	Рейтинг инвестиционной привлекательности	Комплексная характеристика предприятия
4,5-5,0	I	Позитивное финансовое состояние и бизнес-развитие. Фирма абсолютно платёжеспособна, вероятность банкротства практически отсутствует. Высокий уровень инвестиционной привлекательности
3,5-4,4	II	Позитивное финансовое состояние. Уровень бизнес-развития сопоставим со среднерыночным. Фирма выполняет практически все платёжные обязательства. Низкая вероятность банкротства. Инвестиционная привлекательность выше среднерыночной
2,8-3,4	III	Существует потенциальный риск утраты платёжеспособности, высок риск вероятности банкротства. Уровень бизнес-развития ниже среднерыночного. Инвестиционная привлекательность сопоставима со среднерыночной.
2,0-2,7	IV	Фирма находится в критической ситуации, риск вероятности банкротства. Низкий уровень бизнес-развития. Инвестиционная привлекательность низкая
1,0-1,9	V	Фирма полностью неплатёжеспособна и находится на гране банкротства. Критический уровень бизнес-развития. Фирма не инвестиционно-привлекательна

Предложенная методика, по мнению авторов, позволяет в целом определить текущее состояние компании с точки зрения её привлекательности для инвесторов, при этом учитывая наибольшее число факторов, причём как внешних, так и внутренних, что помогает получить более объективную оценку инвестиционной привлекательности компании и снизить риски потенциальных инвесторов.

Заключение

В современных реалиях развития рыночных отношений, в условиях которых функционируют предприятия и компании, задаются новые требования к системе управления и деятельности организаций в целом. Рыночная среда является конкурентной средой, которая постоянно меняется и эти изменения прямо или косвенно влияют на компании. Поэтому поддержание необходимого уровня конкурентоспособности является одним из ключевых аспектов функционирования организаций, независимо от того, на каком рынке она осуществляет свою деятельность. Для поддержания деятельности и развития компании необходимо привлекать ресурсы в виде инвестиционного капитала, что в значительной степени определяется уровнем ее инвестиционной привлекательности.

В настоящее время вопрос оценки привлекательности предприятия для инвестирования является весьма актуальным для любой организации, особенно в условиях нестабильной макро- и мезоэкономических систем. При этом немаловажным аспектом является набор инструментария, который используется для проведения анализа и оценки.

В статье были всесторонне рассмотрены теоретико-методические аспекты оценки и управления инвестиционной привлекательностью предприятия, проанализированы существующие методики оценки инвестиционной привлекательности предприятий. На основе анализа их достоинств и недостатков сформирован авторский методический подход и инструментарий оценки инвестиционной привлекательности организации, которые были воплощены в единую методику. В соответствии с ав-

торской методикой были выделены наиболее существенные для инвесторов этапы оценки при выборе потенциального объекта инвестирования: оценка инвестиционной привлекательности страны, оценка инвестиционной привлекательности региона, оценка инвестиционной привлекательности отрасли, оценка финансового благополучия предприятия, оценка бизнес-развития предприятия.

Для каждого этапа были предложены определённые показатели, которые наиболее полно отражали состояние предприятия по заявленным направлениям анализа.

Таким образом проведённое исследование доказало актуальность и значимость проблемы управления инвестиционной привлекательностью предприятия. Разработка новых подходов и методов по данному направлению остаётся актуальным, и для детального и всестороннего изучения этого вопроса необходимо проводить дополнительные и более углубленные исследования.

Литература

1. А. Вельниковская, Н. Сизых, Моделирование и оценка показателей инвестиционной привлекательности IT-компаний, 11-я Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD, Москва, Россия, 2018, стр. 1–5, doi: 10.1109/MLSD.2018.8551880.
2. Гоголева В. С., Мелай Е. А. Критический анализ методов оценки инвестиционной привлекательности компании // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. 2019. № 1-2. С. 87-88.
3. Денисова А.Э. Оценка инвестиционной привлекательности организации на основе системы мониторинга Банка России. В сборнике: Регулирование экономической деятельности и деловая среда: проблемы, перспективы и решения. Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. 2017. С. 82-106
4. Ендовицкий Д. А. Бабушкин В. А., Батурина Н. А. Анализ инвестиционной привлекательности организации: научное издание. М: КНОРУС, 2020. 376 с.
5. Лукина Ю. А. Совершенствование учетно-аналитического обеспечения оценки инвестиционной привлекательности быстрорастущих компаний : диссертация ... кандидата экономических наук : 5.2.3. / Лукина Юлия Александровна; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации» ; Диссовет MGIMO 5.2.3.0006]. Москва, 2025. 268 с. : ил.
6. Муравьева Н. Н. Оценка инвестиционной привлекательности промышленных предприятий (на примере ОАО "Волжский абразивный завод") // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 24(327). С. 39-46.
7. Сергеева А. В., Мелай Е. А., Никитина Е. А. Методика сравнительного анализа инвестиционной привлекательности организаций. – Текст: электронный // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 2. С. 127-133. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49228363 (дата обращения: 05.04.2025).
8. Трушникова А. Д. Инвестиционная привлекательность корпорации и подходы к ее оценке. – Текст: электронный // Научные записки молодых исследователей. 2017. №5. С.36-46. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zvhdwb (дата обращения: 05.04.2025).

Methodological approaches to the comprehensive assessment of the current level of investment attractiveness of the company

Nikitina E.A., Smorodin I.I., Dmitrieva D.D.
Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The relevance of the article is due to the fact that in today's market economy, commercial organizations must constantly develop and improve, which requires investment resources. In recent years, corporate management has placed a strong emphasis on investment as a crucial mechanism for attracting funds for strategic development. However, there is a lack of a unified methodology that can be used to comprehensively assess the system of indicators that determine an organization's investment attractiveness, taking into account its regional, sectoral, and external environment. Therefore, the key challenge in investment is to comprehensively assess a company's investment attractiveness. The purpose of this article is to summarize the existing methodological approaches to assessing the investment attractiveness of an enterprise and to develop recommendations for improving them. To achieve this goal, the article analyzes the methods of assessing the investment attractiveness of an organization presented in the scientific literature and develops proposals for improving the methodology of a comprehensive assessment of the investment attractiveness of an enterprise. In the course of the study, the author proposes a method for a comprehensive analysis of the investment attractiveness of a company, which takes into account key determining factors and leads to a generalizing integral indicator. This analysis allows for a more informed conclusion about the state of the company as a potential investment target.

Keywords: investments, investment attractiveness, comprehensive analysis, integral rating assessment, business development of a company.

References

1. A. Velnikovskaya, N. Sizykh, Modeling and Evaluation of Investment Attractiveness Indicators of IT Companies, 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD, Moscow, Russia, 2018, pp. 1–5, doi: 10.1109/MLSD.2018.8551880.
2. Gogoleva V. S., Melai E. A. Critical analysis of methods for assessing the investment attractiveness of a company // Bulletin of the Tula branch of the Financial University. 2019. No. 1-2. Pp. 87-88.
3. Denisova A.E. Assessment of the investment attractiveness of an organization based on the Bank of Russia's monitoring system. In the collection: Regulation of Economic Activity and the Business Environment: Problems, Prospects, and Solutions. Collection of Scientific Papers based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 82-106.
4. Endovitsky D. A. Babushkin V. A., Baturina N. A. Analysis of the Investment Attractiveness of an Organization: Scientific Publication. M: KNORUS, 2020. 376 p.
5. Lukina Yu. A. Improvement of Accounting and Analytical Support for Assessing the Investment Attractiveness of Fast-Growing Companies: Dissertation ... Candidate of Economic Sciences: 5.2.3. / Lukina Yulia Aleksandrovna; [Place of Defense: Moscow State Institute of International Relations (University) Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation" ; MGIMO Dissertation Council 5.2.3.0006]. Moscow, 2025. 268 p. : ill.
6. Muravyeva N. N. Assessment of the Investment Attractiveness of Industrial Enterprises (on the Example of OAO Volzhsky Abrasive Plant) // Economic Analysis: Theory and Practice. 2013. No. 24(327). Pp. 39-46.
7. Sergeeva A. V., Melai E. A., Nikitina E. A. Methodology for Comparative Analysis of the Investment Attractiveness of Organizations. – Text: electronic // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2022. No. 2. Pp. 127-133. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49228363 (date of access: 05.04.2025).
8. Trushnikova A. D. Investment Attractiveness of a Corporation and Approaches to Its Evaluation. – Text: electronic // Scientific Notes of Young Researchers. 2017. No. 5. Pp. 36-46. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zvhdwb (accessed: 05.04.2025).

Инвестиционная привлекательность проектов в газовой сфере: факторы окупаемости и ограничения развития

Сикорский Артем Иванович
Независимый исследователь, sikorskiy93@yahoo.com

В статье рассматривается инвестиционная привлекательность проектов в газовой сфере с учетом факторов окупаемости и ограничений развития. Цель исследования состоит в разработке методического подхода к оценке инвестиционной привлекательности газового проекта на основе соотношения финансовой окупаемости, надежности поступлений, ресурсной обеспеченности и ограничений развития. Раскрыто содержание инвестиционной привлекательности применительно к газовой сфере, выделены основные факторы окупаемости, систематизированы ограничения развития проектов, предложена расчетная схема оценки проекта. Научная новизна заключается в обосновании интегральной оценки инвестиционной привлекательности газового проекта, в которой классические показатели NPV и срока окупаемости дополняются коэффициентами клиентской базы, эксплуатационной нагрузки и ограничений развития. Сделан вывод, что инвестиционная привлекательность газового проекта формируется при стабильном денежном потоке, контролируемом уровне капитальных затрат, достаточном количестве потребителей и снижении регуляторных, технологических и инфраструктурных рисков.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, проекты в газовой сфере, газовые проекты, окупаемость инвестиций, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, ограничения развития нефтегазовых проектов.

Введение

Газовая сфера сохраняет свою роль в качестве одной из капиталоемких отраслей, инвестиционные решения в которой характеризуются длительностью горизонта планирования и зависимостью от точности оценки будущих денежных потоков (поступлений и отчислений). При этом с точки зрения содержания проект в данной сфере не ограничивается приобретением оборудования или строительством отдельного объекта, т.к. его экономический результат зависит от дальнейших задач проектирования, монтажа, подключения к сетям, режима эксплуатации, числа потребителей, тарифа, платежной дисциплины, технического обслуживания, требований безопасности и т. п. обстоятельств.

Отметим, что на протяжении последних лет проблематика инвестиций и управления ими в газовой отрасли получила дополнительную актуальность. По данным Международного энергетического агентства, мировой газовый рынок в 2025 году развивался в условиях замедления спроса, сохранения ценового давления и ожидания крупного прироста мощностей СПГ к 2030 году [1]. С точки зрения инвестора проявляется повышенная необходимость оценивать проект через неподверженность рыночным колебаниям, т.е. на текущий момент времени прибыль является не единственным решающим фактором.

На протяжении последних лет инвестиционная оценка газовых проектов также существенно усложнилась под влиянием геополитических факторов, ограничений поставок оборудования, санкционных рисков и изменения глобальных логистических цепочек. Для проектов, ориентированных на экспорт СПГ, гелия и других промышленных газов, особенно критичными являются доступность криогенного оборудования, наличие транспортной инфраструктуры, доступ к ISO-контейнерам, а также постоянство маршрутов экспорта и механизмов расчета . В результате традиционные методы оценки инвестиционной привлекательности, основанные исключительно на показателях финансовой окупаемости, нуждаются в дополнении отраслевыми и инфраструктурными параметрами устойчивости проекта.

При этом на национальном уровне газовая отрасль также сохраняет инвестиционную нагрузку; например, утвержденная инвестиционная программа ПАО «Газпром» на 2025 год составила 1523,7 млрд руб. – средства направляются на развитие газодобывающих центров, газификацию регионов, расширение магистральной инфраструктуры и газоперерабатывающего направления. В целом характерной чертой отрасли является крайне высокая капиталоемкость; исходя из этого, инвестиционная привлекательность газовых проектов должна рассматриваться с учетом длительного цикла возврата капитальных вложений.

Основная часть

Инвестиционная привлекательность газового проекта представляет собой способность проекта обеспечить приемлемую доходность капитала при допустимом уровне технических, рыночных, тарифных и организационных рисков. Противопоставляя инвестиционную привлекательность прибыльности, важно подчеркнуть, что данный показатель отражает не только величину ожидаемого финансового результата, но и степень стабильности его получения. Так, прибыльность фиксирует разницу между доходами и расходами за определенный период, а инвестиционная привлекательность же оценивает более обширный набор параметров (например, объем первоначальных вложений, срок выхода на расчетную загрузку, надежность потребителей, условия подключения, стоимость обслуживания, доступность оборудования, вероятность задержек, чувствительность проекта к изменению тарифа и т. п.). Поэтому проект с высокой расчетной прибылью может быть недостаточно привлекательным, если прочие показатели характеризуются негативной динамикой.

Особенно актуален данный подход для проектов в сфере производства и дистрибуции жидкого гелия, СПГ и специализированных промышленных газов, экономическая эффективность которых зависит и от доступности транспортной инфраструктуры, наличия долгосрочных off-take соглашений, скорости оборота ISO-контейнеров и состояния международных поставок. В подобных проектах даже временное нарушение логистических цепочек способно существенно изменить срок окупаемости инвестиций.

Стоит отметить, что в газовой сфере особое значение имеет ресурсная и инфраструктурная привязка проекта. В этом отношении А.С. Сай-

ганов при анализе инвестиционной привлекательности газоперерабатывающей отрасли указывает на роль емкости рынка, экспортного потенциала, сырьевой базы, государственной поддержки и длительных сроков окупаемости, которые по крупным проектам могут достигать 15-20 лет [2]. Причем даже небольшие объекты зависят от факторов обеспечения сырьем, технической доступности сети и наличия платежеспособного спроса.

Следовательно, инвестиционную привлекательность газового проекта можно определить как интегральную характеристику, которая отражает, насколько проект способен вернуть вложенный капитал, обеспечить стабильный доход и сохранить экономическую эффективность при действующих ограничениях отрасли. Исходя из этого, окупаемость газового проекта формируется под влиянием капитальных, эксплуатационных, рыночных и организационных факторов. Причем наиболее значимым элементом здесь выступает объем первоначальных инвестиций, который складывается из стоимости проектирования, строительно-монтажных работ, оборудования, подключения, пусконаладочных мероприятий и расходов на подготовку персонала. (рис. 1).

Для международных газовых проектов дополнительным фактором инвестиционной устойчивости выступает возможность контроля логистической инфраструктуры. Практика показывает, что использование собственной контейнерной базы, долгосрочных контрактов на транспортировку и диверсификация маршрутов позволяют существенно снизить риск нарушения поставок и повысить стабильность денежного потока проекта.

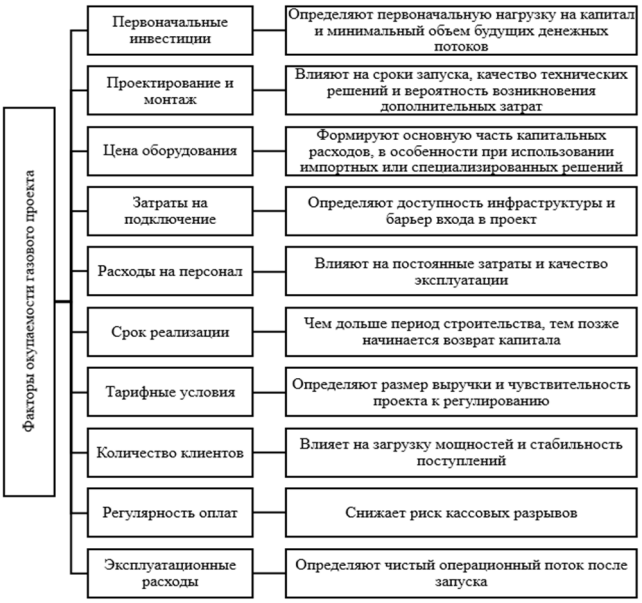


Рисунок 1 – Факторы окупаемости газового проекта, составлено автором.

В экономическом отношении окупаемость может быть выражена через базовую формулу первоначальных инвестиций:

$$IC = C_{pr} + C_m + C_{eq} + C_{con} + C_{st} + C_{res}$$

где IC – общий объем первоначальных инвестиций;

C_{pr} – проектирование;

C_m – монтаж и строительство;

C_{eq} – оборудование;

C_{con} – подключение;

C_{st} – обучение и запуск персонала;

C_{res} – резерв на непредвиденные расходы.

Годовой денежный поток проекта можно представить следующим образом:

$$CF_t = R_t - OPEX_t - Tax_t - Debt_t$$

где CF_t – денежный поток периода;

R_t – выручка;

$OPEX_t$ – эксплуатационные расходы;

Tax_t – налоговые платежи;

$Debt_t$ – платежи по заемному финансированию.

Для газовой сферы особенно важно учитывать коэффициент загрузки клиентской базы, поскольку даже технически завершенный объект может не выйти на расчетную окупаемость, если фактическое количество потребителей ниже планового значения. Поэтому выручка должна определяться через объем реализации:

$$R_t = Q_t \times P_t \times K_{pay}$$

где Q_t – объем потребления газа или услуг;

P_t – тариф или договорная цена;

K_{pay} – коэффициент фактической собираемости платежей.

В экспортно-ориентированных проектах существенное значение также имеет коэффициент устойчивости контрактной базы, поскольку долгосрочные контракты take-or-pay позволяют снизить чувствительность проекта к краткосрочным колебаниям цен и обеспечивают прогнозируемость денежных потоков на протяжении длительного инвестиционного цикла.

В научной литературе отмечается, что оценка инвестиций в газовые проекты должна учитывать технологические и экономические неопределенности, в том числе ресурсные характеристики, производственные параметры, цены, налоги и требуемую доходность [3]. На практике расчет окупаемости предполагает ориентацию на сценарный подход, т.е. оценка осуществляется по базовому, осторожному (пессимистичному) и стрессовому (кризисному) сценариям.

Для международных проектов дополнительно необходимо учитывать сценарии ограничения поставок оборудования, изменения экспортных ограничений, роста стоимости логистики и недоступности отдельных рынков сбыта, т.к. высокая геополитической неопределенности предполагает, что проект окажется способным сохранять устойчивость при изменении внешних условий (что и делает его инвестиционно привлекательным).

В качестве примера приведем экспериментальные расчетные значения (табл. 1):

Таблица 1

Расчетная оценка локального газового проекта, составлено автором.

Показатель	Значение
Первоначальные инвестиции	75 млн. руб.
Среднегодовая выручка	28 млн. руб.
Эксплуатационные расходы	9 млн. руб.
Налоги и прочие обязательные платежи	3 млн. руб.
Чистый денежный поток	16 млн. руб.
Простой срок окупаемости	4,7 года
Дисконтированный срок окупаемости при ставке 14%	6,2 года

Приведенный расчет показывает, что в целом проект может быть приемлемым при стабильной выручке; однако снижение числа клиентов на 20% увеличит дисконтированный срок окупаемости примерно до 7,8 года; увеличение стоимости оборудования на 15% при неизменной выручке увеличит первоначальные инвестиции до 79,8-82 млн. руб. и снизит запас эффективности инвестиций. Поэтому основным показателем становится способность проекта сохранять приемлемый результат при ухудшении исходных условий.

Здесь важно указать, что развитие газовых проектов ограничивается целым спектром факторов. Первичным из них является капиталоемкость, т.к. стоимость строительства газовой инфраструктуры зависит от протяженности сетей, мощности объекта, сложности земельных работ, требований промышленной безопасности и состава оборудования, что описывается в исследовании М. Оливера. На примере расширения газопроводной сети США автор показывает, что затраты зависят от мощности и протяженности трубопроводов, при этом крупные проекты могут сталкиваться с риском снижения экономии от масштаба [4]. В связи с этим необходимо учитывать, что повышение масштаба не всегда сказывается на удельной стоимости подключения положительно.

Другим важным ограничением является эффективность эксплуатации, т.к. газовая инфраструктура зависит от постоянного технического обслуживания, контроля давления, диспетчеризации, ремонта, учета потерь, обеспечения безопасности и т. д. Например, А. К. Арья отмечает, что транспортировка газа может формировать высокую долю затрат, в связи с чем встает вопрос их оптимизации [5]. Поэтому инвестиционный проект должен оцениваться в том числе по будущей стоимости владения объектом.

Также неотъемлемым ограничением проекта выступает определенность рыночной среды (спроса); спрос на газ зависит от множества переменных – промышленной активности, погодных условий, динамики цен на альтернативные энергоресурсы, энергетической политики и платежеспособности потребителей. Поэтому в зависимости от специфики проекта каждый фактор имеет собственный вес; для проектов, ориентированных на население, существенное значение имеет скорость подключения домовладений и регулярность оплаты, а для промышленных проектов важны долгосрочные договоры с потребителями, т.к. они снижают риск недостаточной загруженности мощностей.

Другая группа ограничений связана с вопросами регулирования, поскольку газовые проекты зависят от согласований, соблюдения норм безопасности и учета природоохранных требований. При задержке согласований инвестиционный цикл удлиняется, затраты на заемный капитал возрастают, что для инвестора выражается в снижении текущей стоимости будущих денежных потоков. Здесь же проявляются и риски технологической зависимости, т.к. все оборудование, автоматизированные системы учета, компрессорные установки и специализированные материалы требуют огромных вложений. Имеет место риск перерасхода бюджета.

Исходя из этого, с учетом многообразия приведенных параметров, в целях оценки инвестиционной привлекательности газового проекта целесообразно использовать интегральный показатель, который объединяет финансовые, рыночные, эксплуатационные и ограничительные параметры.

Базовая оценка начинается с расчета чистой приведенной стоимости:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IC$$

где NPV – чистая приведенная стоимость;

CF_t – денежный поток периода;

r – ставка дисконтирования;

n – срок расчетного периода;

IC – первоначальные инвестиции.

Далее рассчитывается дисконтированный срок окупаемости:

$$DPP = min\, n: \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq IC$$

Для учета отраслевой специфики предлагается показатель инвестиционной привлекательности газового проекта, со следующими весовыми коэффициентами:

$$I_{gas} = 0{,}30S_{NPV} + 0{,}20S_{DPP} + 0{,}20S_{cl} + 0{,}15S_{op} + 0{,}15S_{lim}$$

где S_{NPV} – оценка чистой приведенной стоимости;

S_{DPP} – оценка срока окупаемости;

S_{cl} – оценка клиентской базы и собираемости платежей;

S_{op} – оценка стабильности эксплуатации;

S_{lim} – оценка ограничений развития.

Каждый показатель переводится в шкалу от 0 до 1. Значение I_{gas} выше 0,75 характеризует проект как привлекательный для инвестирования; в диапазоне от 0,55 до 0,75 со средней привлекательностью (необходимо доработать недостающие условия); значение ниже 0,55 отражает высокий риск недостаточной окупаемости.

Процесс оценки осуществляется по последовательности, представленной на рис. 2:

Рисунок 2 – Процесс оценки инвестиционной привлекательности газового проекта, составлено автором.

Применение риск-ориентированной оценки особенно перспективно для проектов с высокой долей заемного финансирования. Так, например, в зарубежной научной литературе для нефтегазовых проектов используется метод Value at Risk (VaR), который позволяет учитывать распределение возможных значений NPV и вероятность неблагоприятного результата [6]. На этой основе в газовых проектах можно вводить стресс-расчет по параметрам, связанным с ростом капитальных затрат, снижением объема потребления и увеличением расходов на эксплуатацию.

Для примера примем следующие балльные значения: S_{NPV} = 0,80, S_{DPP} = 0,70, S_{cl} = 0,75, S_{op} = 0,65, S_{lim} = 0,60. Тогда:

$$I_{gas} = 0{,}30 * 0{,}80 + 0{,}20 * 0{,}70 + 0{,}20 * 0{,}75 + 0{,}15 * 0{,}65 + 0{,}15 * 0{,}60 = 0{,}7175.$$

Полученное значение 0,72 отражает средний уровень инвестиционной привлекательности. В случае полученного значения проект может быть принят к реализации при условии снижения ограничений развития. Наиболее рациональным мерами в данном случае представляются предварительное закрепление клиентской базы, уточнение стоимости подключения, заключение договоров на сервисное обслуживание и создание резерва на возможное увеличение стоимости оборудования.

Методический подход может применяться для проектов газификации населенных пунктов, строительства объектов газораспределения, создания газозаправочной инфраструктуры, малых газоперерабатывающих объектов и проектов подключения промышленных потребителей; основное его преимущество состоит в объединении финансового расчета и отраслевых условий реализации.

При этом подход учитывает идеи из международной практики, в которой инвестиции в газовой сфере оцениваются через критерии рыночной интеграции, надежности, конкурентные эффекты и интересы участников рынка [7].

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Инвестиционная привлекательность проектов в газовой сфере формируется под влиянием капитальных затрат, сроков реализации, тарифных условий, клиентской базы, регулярности поступлений и расходов на эксплуатацию.
2. Наиболее существенными факторами окупаемости выступают объем первоначальных инвестиций, стоимость проектирования и монтажа, стоимость оборудования, подключение к инфраструктуре, расходы на персонал, тарифная база, число клиентов и платежная дисциплина. Ограничениями выступают высокая капиталоемкость, технологическая зависимость, длительность согласований, рыночная неопределенность и повышение эксплуатационных затрат.
3. Стратегические рекомендации по повышению инвестиционной привлекательности газовых проектов можно сформулировать следующим образом: во-первых, до запуска проекта необходимо подтверждать будущую загрузку через договоры с потребителями; во-вторых, расчет окупаемости должен проводиться в базовом и стрессовом сценариях; в-третьих, инвестиционная смета должна содержать резерв на увеличение стоимости оборудования и монтажных работ; в-четвертых, проект необходимо оценивать по полной стоимости владения, а не только строительства; в-пятых, для крупных проектов целесообразно согласование финансовой модели с тарифными и регуляторными условиями.

Научная новизна предложенного подхода заключается в разработке интегральной модели оценки инвестиционной привлекательности газовых проектов, которая учитывает отраслевые параметры устойчивости проекта (стабильность клиентской базы, эксплуатационную нагрузку, инфраструктурную обеспеченность и ограничения международной логистики). В отличие от традиционных подходов, ориентированных преимущественно на показатели NPV и срока окупаемости, предложенная модель позволяет учитывать влияние геополитических, технологических и инфраструктурных факторов на долгосрочную эффективность газовых проектов.

Литература

1. IEA. Gas 2025: Analysis and forecasts to 2030. Paris: International Energy Agency, 2025. URL: https://www.iea.org/reports/gas-2025
2. Сайганов А. С. Экономическое положение и инвестиционная привлекательность газоперерабатывающей отрасли // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14. № 5. С. 2337–2350. DOI: 10.18334/epp.14.5.120712
3. Yong C., Tong M., Yang Z., Zhou J. Conventional Natural Gas Project Investment and Decision Making under Multiple Uncertainties // Energies. 2023. Vol. 16. № 5. Article 2342. DOI: 10.3390/en16052342
4. Oliver M. E. Economies of scale and scope in expansion of the U.S. natural gas pipeline network // Energy Economics. 2015. Vol. 52. Part B. P. 265–276. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.11.004
5. Arya A. K. A critical review on optimization parameters and techniques for gas pipeline operation profitability // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2022. Vol. 12. P. 3033–3057. DOI: 10.1007/s13202-022-01490-5
6. Cheng C., Wang Z., Liu M.-M., Ren X.-H. Risk measurement of international oil and gas projects based on the Value at Risk method // Petroleum Science. 2019. Vol. 16. P. 199–216. DOI: 10.1007/s12182-018-0279-1

7. Valle A. del, Wogrin S., Reneses J. Multi-objective bi-level optimization model for the investment in gas infrastructues // Energy Strategy Reviews. 2020. Vol. 30. Article 100492. DOI: 10.1016/j.esr.2020.100492

Investment attractiveness of projects in the gas sector: payback factors and development constraints

Sikorsky A.I.

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The article examines the investment attractiveness of projects in the gas sector, taking into account payback factors and development constraints. The aim of the study is to develop a methodological approach to assessing the investment attractiveness of a gas project based on the correlation between financial payback, revenue reliability, resource availability, and development constraints. The article reveals the content of investment attractiveness as applied to the gas sector, identifies the main payback factors, systematizes project development constraints, and proposes a calculation scheme for project assessment. The scientific novelty lies in substantiating an integral assessment of the investment attractiveness of a gas project, in which the classical indicators of NPV and payback period are supplemented by coefficients reflecting the customer base, operational load, and development constraints. It is concluded that the investment attractiveness of a gas project is formed under conditions of stable cash flow, a controlled level of capital expenditures, a sufficient number of consumers, and reduced regulatory, technological, and infrastructural risks.

Keywords: investment attractiveness, projects in the gas sector, gas projects, return on investment, capital expenditures, operating expenses, development constraints of oil and gas projects.

References

1. IEA. Gas 2025: Analysis and forecasts to 2030. Paris: International Energy Agency, 2025. URL: https://www.iea.org/reports/gas-2025
2. Saiganov, A. S., “Economic situation and investment attractiveness of the gas processing industry.” Economics, Entrepreneurship, and Law, 2024, Vol. 14, No. 5, pp. 2337–2350. DOI: 10.18334/epp.14.5.120712
3. Yong, C., Tong, M., Yang, Z., and Zhou, J., “Conventional Natural Gas Project Investment and Decision Making under Multiple Uncertainties.” Energies, 2023, Vol. 16. No. 5. Article 2342. DOI: 10.3390/en16052342
4. Oliver M. E. Economies of scale and scope in expansion of the U.S. natural gas pipeline network // Energy Economics. 2015. Vol. 52. Part B. P. 265–276. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.11.004
5. Arya A. K. A critical review on optimization parameters and techniques for gas pipeline operation profitability // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2022. Vol. 12. P. 3033–3057. DOI: 10.1007/s13202-022-01490-5
6. Cheng C., Wang Z., Liu M.-M., Ren X.-H. Risk measurement of international oil and gas projects based on the Value at Risk method // Petroleum Science. 2019. Vol. 16. P. 199–216. DOI: 10.1007/s12182-018-0279-1
7. Valle A. del, Wogrin S., Reneses J. Multi-objective bi-level optimization model for the investment in gas infrastructures // Energy Strategy Reviews. 2020. Vol. 30. Article 100492. DOI: 10.1016/j.esr.2020.100492

Формирование инвестиционной политики новых субъектов РФ в условиях санкционных ограничений

Юрина Татьяна Сергеевна
аспирант, Херсонский государственный педагогический университет, кафедра публичного управления и делового администрирования, yurina_tanya@mail.ru

На фоне жестких санкционных ограничений и трансформации логистических цепей формирование устойчивой инвестиционной политики на присоединенных территориях выступает в качестве особо значимого фактора обеспечения национальной экономической безопасности. Актуальность темы продиктована тем, что стандартные рыночные механизмы мобилизации капитала на новых территориях демонстрируют низкую эффективность из-за высоких институциональных и геополитических рисков. Цель– выявить специфику инвестиционных процессов в новыхсубъектах РФ и предложить нетиповой инструментарий привлечения частного финансирования, который будет адаптирован к условиям внешнего давления. В современной дискуссии наблюдается концептуальное противоречие. С одной стороны, исследователи постулируют необходимость ускоренной рыночной интеграции и развития смарт-специализаций. С другой, эмпирические данные указывают на тотальную зависимость субъектов от прямого бюджетного субсидирования, квазигосударственных гарантий. Отмечено, что парадигма классической региональной конкуренции за инвестора здесь неприменима. Автор обосновывает вывод о том, что ключевым драйвером роста сегодня является не предоставление налоговых преференций, а «архитектура» комплексного государственного страхования вложений. Результаты исследования обладают прикладной значимостью для органов региональной исполнительной власти, профильных министерств, агентств развития (при корректировке стратегий социально-экономического восстановления территорий).

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, инвестиционная политика, инфраструктурные проекты, новые субъекты РФ, постконфликтная реконструкция, санкционные ограничения, смарт-контракты, экономическая интеграция

Введение

Формирование эффективной инвестиционной политики на региональном уровне выступает в качестве центрального элемента обеспечения экономического роста. В современных реалиях макроэкономическая среда характеризуется высокой степенью турбулентности. По сути, длительное внешнее давление вынуждает государство и бизнес пересматривать устоявшиеся механизмы привлечения капитала.

30 сентября 2022 г. президент России В.В. Путин подписал указ о вхождении в состав России четырех новых регионов (Донецкой и Луганской народных республик, Запорожской и Херсонской областей). С 23 по 27 сентября того же года в них прошли референдумы, на которых абсолютное большинство жителей поддержали решение о вступлении в состав Российской Федерации. Хотя эти территории и пострадали во время вооруженного конфликта, они обладают огромными ресурсами, что актуализирует обращение к проблематике инвестиционной политики.

Санкционные ограничения модифицировали сферу российской экономики. Это затронуло логистические цепочки, трансфер технологий, доступ к классическим заемным средствам. В связи с этим отметим, что для новых субъектов Российской Федерации задача выстраивания устойчивого инвестиционного климата усложняется многократно. Экономика этих территорий проходит стадию глубокой структурной перестройки. Одновременно с этим, требуется их оперативная интеграция в единое правовое и финансовое пространство страны.

Видимо, стандартные инструменты финансового стимулирования здесь работают с определенными искажениями. Инфраструктурный дефицит накладывается на высокие геополитические риски. Капитал всегда ищет предсказуемости. Впрочем, в текущих условиях данное правило требует существенной корректировки. Бизнес готов принимать повышенные риски при наличии твердых государственных гарантий и понятных правил игры. Разумно предположить, что именно государственно-частное партнерство, а также прямое бюджетное софинансирование становятся базовыми драйверами восстановления территориальных комплексов.

В сопоставлении с более ранними подходами, когда упор делался на иностранные прямые инвестиции, сегодня фокус смещен на мобилизацию внутренних ресурсов. Между тем, научное сообщество до сих пор не выработало единой методологии оценки инвестиционного потенциала регионов, которые находятся в фазе постконфликтной реконструкции под санкционным давлением. Как представляется, существующие модели требуют адаптации. Проблема заключается в недостатке эмпирических данных и высокой скорости изменения нормативной базы.

Материалы и методы

Выбранные при подготовке статьи источники охватывают как макроэкономический контекст с изменениями нормативной базы, так и узкоспециализированные кейсы конкретных территорий. В сопоставлении с более ранними подходами, где акцент делался, главным образом, на теории переходной экономики, данный массив опирается на актуальную эмпирику 2024-2026 гг. По сути, это позволяет проследить эволюцию от этапа первичной стабилизации к системному росту. Видимо, именно синтез законодательных инициатив и региональной практики дает максимально объективную картину инвестиционнойсреды, которая формируется в условиях внешнего давления.

В современной научной дискуссии авторы используют несколько методологических подходов, что отражает многогранный взгляд на проблему. Институциональный ракурс прослеживается в публикациях, где во главу угла ставятся механизмы свободных экономических зон и государственного регулирования. О.М. Бызова применяет системно-интеграционный подход, рассматривая восстановление хозяйственного комплекса в неразрывной связи с социокультурными факторами [2]. Отраслевой и пространственный фокус характерен для исследований частных проблем субъектов. Так, Е.В. Ильяшенко, И.В. Демченко анализируют финансирование агропромышленного сектора Запорожской области [6], а В.П. Поспелов исследует концепцию смарт-специализации на примере Херсонской области [12]. Инструментально-аналитический аппарат ярко представлен в трудах О.В. Кондракова, С.Е. Журы и И.А. Стояновой. Авторы используют матрицу BCG для диагностики промышленного потенциала [10]. О.Э. Кириенко обращается к моделям государственно-частного партнерства и цифровизации в Донецкой Народной Республике [8].

Т.Н. Кислая оценивает интеграционные процессы через призму экономической безопасности [9]. Стратегический анализ территориального развития подробно изложен в изыскании Д.С. Евдокимова и Д.В. Черненко [4]. В связи с этим отметим, что пул источников органично сочетает экспертные прогнозы со свежими статистическими сводками [1, 3, 5, 7, 11].

Между тем, в проанализированной литературе наблюдаются существенные пробелы. Как представляется, большинство исследователей концентрируются на констатации текущих барьеров, избегая эконометрического моделирования долгосрочных эффектов от внедрения преференциальных режимов. Поверхностно изучен инструментарий хеджирования рисков для независимых частных инвесторов. Впрочем, присутствуют и явные концептуальные противоречия. С одной стороны, ряд авторов настаивает на необходимости рыночной смарт-специализации; на развитии классического партнерства государства и бизнеса. С другой, статистические маркеры и обзоры делового климата указывают на иное:в реалиях внешнего давления единственным надежным источником ликвидности остаются прямые бюджетные вливания и квазигосударственные гарантии. Декларируемые в теории рыночные механизмы на практике вступают в жесткий конфликт с директивной моделью восстановления инфраструктуры.

Базовым методом при написании статьи послужил системный анализ. Он позволил рассмотреть региональную политику как многоуровневую структуру, которая подвержена экзогенным шокам. По-видимому, без этого шага невозможно выявить неочевидные причинно-следственные связи между нормативными изменениями и реальной динамикой капитала. Дополнительно применялся метод сравнительного институционального анализа (в целях сопоставления мер поддержки). Наконец, для верификации теоретических положений задействована статистическая обработка информации.

Результаты и обсуждение

Основой для унификации правил работы с инвесторами служит региональный инвестиционный стандарт. Примечательно, что к концу 2025 г.данный механизм был успешно внедрен во всех 89 субъектах Российской Федерации. Законодательная база постоянно эволюционирует. Государственная поддержка приобретает более адресный характер. С декабря 2024 г. агентствами развития регионов было сформировано 359 инвестиционных предложений, общая сумма которых превышает 1,3 трлн рублей [5, 7, 11] (таблица 1). Указанные цифры наглядно отражают потенциал внутренних резервов экономики.

Таблица 1
Информация о внедрении инвестиционного стандарта и финансовой активности (2024-2026 гг.) (составлено на основе [5, 7, 11])

Показатель	Значение на конец 2024 г.	Оценка на конец 2025 г.	Прогноз на 2026 г.
Охват регионов РФ инвестиционным стандартом, кол-во субъектов	85	89	89
Количество сформированных инвест-предложений	210	359	Более 450
Общий объем заявленных проектов (трлн руб.)	0,85	1,30	1,75
Ожидаемая средняя ключевая ставка ЦБ РФ	16%	15%	12-13%

Эмпирические данные подтверждают востребованность государственных финансовых инструментов на рассматриваемых территориях. За первый квартал 2026 г. субъекты малого и среднего предпринимательства новых регионов привлекли 989,4 млн рублей через механизмы Национальной гарантийной системы. Этот показатель возрос почти вчетверо к прошлому году. В связи с этим отметим, что количество реципиентов поддержки увеличилось троекратно [1].

Отраслевое распределение капитала демонстрирует существенную неоднородность. Абсолютным лидером является сельское хозяйство, которое «абсорбировало» 351,2 млн рублей (рост в 11,5 раза). Наивысшая динамика зафиксирована в инфраструктурном строительстве. Здесь объемы привлеченных средств увеличились почти в 25 раз, составив 204,7 млн рублей. В сопоставлении с названными секторами обрабатывающая промышленность и торговля показывают более умеренный, но устойчивый прогресс (110 млн и 222,7 млн рублей соответственно) [1]. Видимо, фокус инвестиционной активности объективно смещен на восстановление базовой инфраструктуры и обеспечение продовольственной безопасности.

В территориальном разрезе фиксируется заметная асимметрия. Донецкая Народная Республика лидирует как по объему (349,8 млн рублей), так и по темпам прироста заемного финансирования (в 7,8 раза). Запорожская область и Луганская Народная Республика также демонстрируют высокую активность (304,8 и 262 млн рублей). В отличие от них, предприятия Херсонской области привлекли лишь 72,8 млн рублей[1] (см. рис. 1). Как представляется, подобные диспропорции продиктованы текущими объективными ограничениями региональных экономик.

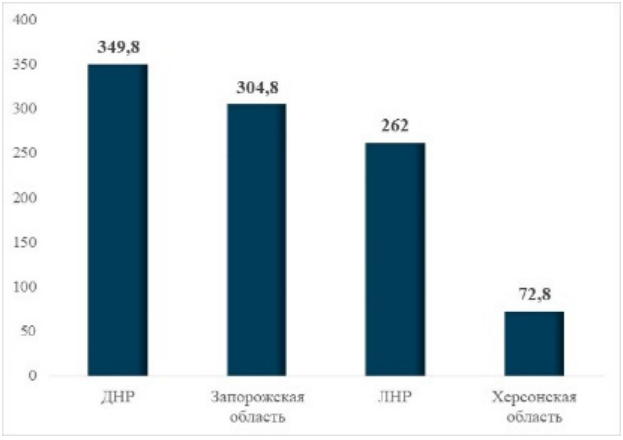


Рис. 1. Объем привлечённых предпринимателями финансовых средств, I квартал 2026 г. (составлено на основе [1])

Процесс адаптации нормативной базы идет с опережением графиков. Унификация правовых режимов дает возможность снизить трансакционные издержки бизнеса. Это очень важно. Высокие процентные ставки в течение длительного периода сдерживали кредитование реального сектора. Однако прогноз по ключевой ставке на 2026 год составляет 12-13%[11]. Ожидаемое смягчение монетарной политики станет дополнительным стимулом для корпоративного сегмента. Тем самым формируются предпосылки для перетока средств с банковских депозитов в прямые капиталовложения и инструменты фондового рынка.

В отличие от предыдущих подходов, которые опирались на глобальный рынок заимствований, современная инвестиционная политика РФ строго ориентирована на внутренние источники, дружественные юрисдикции. Давление Запада привело к блокированию поставок импортного технологического оборудования. Это усложняет запуск промышленных площадок. Закон о компенсации убытков от санкционных действий, принятый ранее, создал определенную «подушку безопасности» для крупного капитала.

Формирование инвестиционного климата в новых субъектах РФ обладает выраженной спецификой. Здесь классические маркеры привлекательности (наличие квалифицированной рабочей силы, развитая логистика, стабильный спрос) временно отходят на второй план. Первоочередной задачей становится обеспечение базовой инфраструктуры и физической безопасности активов. Основным инвестором на начальном этапе является само государство.

Запуск свободных экономических зон (СЭЗ) на данных территориях показал заметную эффективность [3]. Льготный налоговый режим привлекает малый и средний бизнес. В основном, средства направляются в строительство, торговлю, агропромышленный комплекс. Тяжелая промышленность требует более длинных горизонтов планирования. Предположительно, крупные холдинги пока занимают выжидательную позицию. Они оценивают геополитические факторы и макроэкономическую конъюнктуру (таблица 2).

Таблица 2
Сравнительный анализ барьеров инвестиционной политики (традиционные и новые субъекты РФ)
(составлено на основе [2, 4, 6, 8-10, 12])

Фактор влияния / барьер	Традиционные регионы РФ	Новые субъекты РФ	Применяемые механизмы нивелирования
Доступ к технологиям	Частичное импортозамещение	Острый дефицит оборудования	Параллельный импорт, лизинг через госфонды
Финансовые ресурсы	Банковское кредитование, ОФЗ	Субсидии, гранты, средства СЭЗ	Прямое государственное софинансирование
Логистика, сбыт	Трансформация цепочек на Восток	Восстановление транспортной сети	Масштабные инфраструктурные госпрограммы
Кадровое обеспечение	Дефицит узких специалистов	Нехватка рабочих всех категорий	Программы переобучения, вахтовый метод

При анализе представленных данныхзаметна отчетливая дифференциация. Механическое копирование успешных практик центральных областей на новые территории нецелесообразно. Нужен принципиально иной инструментарий.

Уместно предложить ряд практических рекомендаций. Они направлены на решение проблемы высоких рисков при реализации проектов на рассматриваемых территориях. Новизна предложений заключается в отходе от классического субсидирования в сторону страхования капитала.

Так, рекомендуется создание специализированного Федерального гарантийного фонда. Его задача – страхование частных вложений в новые регионы от форс-мажорных и геополитических рисков. Это поможет решить ключевую проблему (страх полной потери актива).

Помимо этого, следует внедрить смарт-контракты в систему государственно-частного партнерства на базе цифрового рубля. Благодаря описываемому шагу обеспечится абсолютная прозрачность расходования бюджетных средств, которые направляются на инфраструктурную подготовку площадок для инвесторов.

В дополнение к отмеченному, представляется необходимым сформировать локальные кластеры глубокой переработки в АПК с нулевой ставкой налога на прибыль сроком не на стандартные 5, а на 10-15 лет, с жесткой привязкой к объемам реинвестирования выручки внутри региона.

Заключение

Инвестиционная политика новых субъектов РФ формируется на фоне сложного переплетения макроэкономических вызовов и санкционных барьеров. Классическая парадигма регионального развития, базирующаяся на межрегиональной конкуренции за свободный капитал, в данном случае уступает место модели жесткой государственной координации.

Внедрение регионального инвестиционного стандарта во всех 89 субъектах страны создает необходимый правовой «фундамент». Однако правовая рамка сама по себе не образует финансовый поток. Внутренний рынок способен аккумулировать значительные средства. Сумма предложений свыше 1,3 трлн рублей указывает на наличие ликвидности. Проблема кроется в механизмах ее безопасного перераспределения.

Сформулированные в статье авторские рекомендации имеют прямой прикладной характер. Переход от схемы налоговых льгот к варианту комплексного государственного страхования инвестиций поможет вовлечь в процесс восстановления территорий средний бизнес. Именно он обладает необходимой гибкостью для работы в реалиях неопределенности.

В дальнейшем исследовании целесообразно сосредоточиться на эконометрическом моделировании влияния льготных режимов СЭЗ на темпы роста валового регионального продукта новых территорий. Это позволит более точно калибровать меры господдержки, обеспечивая максимальную отдачу от каждого вложенного рубля в условиях сохраняющегося санкционного давления.

Литература

1. Бизнес новых регионов почти до 1 млрд рублей увеличил объем привлеченных с господдержкой средств в 1 квартале 2026 года // URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2026/04/29/biznes-novih-regionov-pochti-do-1-mlrd-rublei-uvelichil-obem-privlechennih-s-gospodderzhkoi-sredstv-v-1-kvartale-2026-goda(дата обращения: 24.05.2026).
2. Бызова О.М.Восстановление экономики, инфраструктуры и социокультурная интеграция новых регионов России // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 12 (173). – С. 396-399.
3. Деньги – в дело: как свободная экономическая зона способствует развитию новых регионов// URL: https://объясняем.рф/articles/useful/dengi-v-delo-kak-svobodnaya-ekonomicheskaya-zona-sposobstvuet-razvitiyu-novykh-regionov/?ysclid=mpjszk33d2385051692(дата обращения: 24.05.2026).
4. Евдокимов Д.С., Черненко Д.В.Стратегический анализ социально-экономического состояния Луганской Народной Республики // Проблемы рыночной экономики. – 2025. – № 1. – С. 14-29.
5. Законопроект о региональном инвестиционном стандарте принят в первом чтении// URL: http://duma.gov.ru/news/62838/(дата обращения: 24.05.2026).
6. Ильяшенко Е.В., Демченко И.В.Формирование механизма финансового обеспечения инвестиций в АПК Запорожской области // Университетская наука. – 2024. – № 2 (18). – С. 113-116.
7. Инвестиции 2026 – идеи и стратегии в меняющемся мире// URL: https://fcongress.forbes.ru/invest-2026(дата обращения: 24.05.2026).
8. Кириенко О.Э.Адаптивный механизм реализации инфраструктурной стратегии региона: роль ГЧП и цифровой трансформации (на примере ДНР) // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 7. – № 7 (160). – С. 100-110.
9. Кислая Т.Н.Оценка экономических условий интеграции Луганской Народной Республики в экономическое пространство России в системе экономической безопасности // Экономическая безопасность. – 2024. – Т. 7. – № 7. – С. 1831-1860.
10. Кондраков О.В., Жура С.Е., Стоянова И.А.Анализ проблем промышленного и инновационного развития новых регионов России на основе BCG-анализа // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 10. – С. 51-53.
11. Оленькова А. Ключевая ставка: какие изменения ждут нас в 2026 году// URL: https://sberbusiness.live/publications/klyuchevaya-stavka-cb-chto-eto-prognoz-izmeneniya(дата обращения: 24.05.2026).
12. Поспелов В.П.Механизмы привлечения инвестиций в приоритетные направления смарт-специализации в Херсонской области // Прикладные экономические исследования. – 2026. – № 2. – С. 192-202.

Formation of investment policy of new subjects of the Russian Federation in the context of sanctions restrictions

Yurina T.S.
Kherson State Pedagogical University

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

Against the background of severe sanctions restrictions and the transformation of logistics chains, the formation of a sustainable investment policy in the annexed territories acts as a particularly significant factor in ensuring national economic security. The relevance of the topic is dictated by the fact that standard market mechanisms for capital mobilization in new territories demonstrate low efficiency due to high institutional and geopolitical risks. The aim is to identify the specifics of investment processes in new regions of the Russian Federation and propose an atypical toolkit for attracting private financing that will be adapted to external pressure. There is a conceptual contradiction in the current discussion. On the one hand, researchers postulate the need for accelerated market integration and the development of smart specializations. On the other hand, empirical data indicate the total dependence of subjects on direct budget subsidies and quasi-governmental guarantees. It is noted that the paradigm of classical regional competition for investors is not applicable here. The author substantiates the conclusion that the key driver of growth today is not the provision of tax preferences, but the "architecture" of comprehensive state investment insurance. The results of the study have practical significance for regional executive authorities, relevant ministries, and development agencies (when adjusting strategies for socio-economic restoration of territories).

Keywords: public-private partnership, investment policy, infrastructure projects, new subjects of the Russian Federation, post-conflict reconstruction, sanctions restrictions, smart contracts, economic integration.

References

1. Business of new regions increased the volume of funds raised with state support to almost 1 billion rubles in Q1 2026 // URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2026/04/29/biznes-novih-regionov-pochti-do-1-mlrd-rublei-uvelichil-obem-privlechennih-s-gospodderzhkoi-sredstv-v-1-kvartale-2026-goda (accessed: 24.05.2026).
2. Byzova, O.M. Restoration of the economy, infrastructure and sociocultural integration of new regions of Russia // Economics and Entrepreneurship. – 2024. – No. 12 (173). – Pp. 396-399.
3. Money into action: how the free economic zone contributes to the development of new regions // URL: https://объясняем.рф/articles/useful/dengi-v-delo-kak-svobodnaya-ekonomicheskaya-zona-sposobstvuet-razvitiyu-novykh-regionov/?ysclid=mpjszk33d2385051692 (accessed: 24.05.2026).
4. Evdokimov, D.S., Chernenko, D.V. Strategic analysis of the socio-economic state of the Luhansk People's Republic // Problems of Market Economy. – 2025. – No. 1. – Pp. 14-29.
5. Draft law on the regional investment standard adopted in first reading // URL: http://duma.gov.ru/news/62838/ (accessed: 24.05.2026).
6. Ilyashenko, E.V., Demchenko, I.V. Formation of a mechanism for financial support of investments in the agricultural sector of the Zaporozhye region // University Science. – 2024. – No. 2 (18). – Pp. 113-116.
7. Investments 2026 – ideas and strategies in a changing world // URL: https://fcongress.forbes.ru/invest-2026 (accessed: 24.05.2026).
8. Kirienko, O.E. Adaptive mechanism for implementing the region's infrastructure strategy: the role of PPP and digital transformation (on the example of the DPR) // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2025. – Vol. 7. – No. 7 (160). – Pp. 100-110.
9. Kislaya, T.N. Assessment of the economic conditions for integration of the Luhansk People's Republic into the economic space of Russia in the system of economic security // Economic Security. – 2024. – Vol. 7. – No. 7. – Pp. 1831-1860.
10. Kondrakov, O.V., Zhura, S.E., Stoyanova, I.A. Analysis of problems of industrial and innovative development of new regions of Russia based on BCG analysis // Innovations and Investments. – 2025. – No. 10. – Pp. 51-53.
11. Olenkova, A. Key rate: what changes await us in 2026 // URL: https://sberbusiness.live/publications/klyuchevaya-stavka-cb-chto-eto-prognoz-izmeneniya (accessed: 24.05.2026).
12. Pospelov, V.P. Mechanisms for attracting investments to priority areas of smart specialization in the Kherson region // Applied Economic Research. – 2026. – No. 2. – Pp. 192-202.

Предпринимательская деятельность сквозь призму буддийской философии

Аксенова Мария Дмитриевна
главный редактор «Энциклопедии для детей “Аванта+”»,
aksenova.md@gmail.com

В фокусе исследования находятся следующие ключевые концепции буддизма: закон кармы как универсальный принцип причинно-следственной связи, «срединный путь» как практика избегания деструктивных «крайностей», ценности усердия и щедрости, забота о других людях (партнерах, сотрудниках, клиентах), чистая мотивация при создании продукта как проявление духовных принципов и одновременно практическое действие, приводящее устойчивым долгосрочным результатам.
Подход холизма применен к пониманию видов капитала (включающего финансовый, интеллектуальный, культурный, эмоциональный, социальный, духовный капитал).
Делается вывод о том, что ценностно- и этико-ориентированная деятельность может выступать одновременно факторами: 1) личностного и духовного развития, 2) позитивного социального воздействия, 3) повышения субъективного благополучия 4) эффективности и устойчивости бизнес-моделей и финансовых результатов.
Ключевые слова: буддийская экономика, срединный путь, карма, парамита, капитал, предпринимательство, этика бизнеса, благополучие, духовность, развитие.

Введение

Может ли человек, следующий духовным путем, выбрать профессию «предприниматель»? Эта деятельность предполагает управление большими финансовыми потоками, ответственность за прибыльность бизнес-проекта и за людей: потребителей, сотрудников, бизнес-партнеров. Какую роль могут сыграть в этом духовно-этические ценности?

Проанализировав и систематизировав клиентские кейсы психологической и менторской работы с предпринимателями, мы видим две крайности.

1) В погоне за успехом, измеряемом только материальными критериями, предпринимателю легко потерять самого себя и смысл своей деятельности. Вот цитаты из рассказов клиентов: «Жизнь ощущается как бессмысленный бег по кругу», «Встаёт вопрос “Зачем я вообще всё это делаю?”», «Нет удовлетворенности и ощущения “я живу не зря”».

2) С другой стороны, в работе с клиентами мы регулярно сталкиваемся с их самообманом. Один из типичных сценариев: клиент говорит «деньги – зло», но при этом завидует богатому соседу. А зависть, как известно, показывает, чего человек хочет на самом деле. Второй типичный сценарий: клиент думает, что совершает добрые дела бескорыстно, но в процессе беседы выясняется, что в глубине души он хочет получить в ответ и признание, и материальные блага. Третий типичный сценарий: клиент не может достичь финансовых результатов и тогда в качестве самооправдания говорит, что «нам, духовным людям, деньги не важны».

Самообман — путь, противоположный духовности. Смысл слова «духовность» близок к понятию «осознанность», а самообман – по сути противоположность осознанности.

Еще одной важной категорией в сфере духовности является «целостность». Противопоставляя стремление к духовным и материальным результатам, мы создаем расщепление. Для деятельности предпринимателя, где просто невозможно игнорировать важность материального результата, такой подход разрушает целостность.

Также слово «духовность» близко к понятию «реализация», в буддизме целью духовного пути является «полная реализация».

Встают вопросы:

- Можно ли соединить эти два вектора – стремления к материальному и духовному развитию, и если можно, то как именно?
- Можно ли сделать бизнес-проект проявлением одаренности, творчества, реализации потенциала предпринимателя?
- Могут ли духовные и этические принципы помогать принимать точные бизнес-решения?

Для целей этой работы мы также рассмотрим следующие термины из буддийской философии и этики:

- карма,
- срединный путь,
- парамиты щедрости и усердия,
- чистая мотивация.

Виды капитала

В контексте данного исследования предлагается расширительная, холистическая трактовка понятия «капитал». Помимо традиционного финансового капитала (деньги, активы, недвижимость), система включает ряд нематериальных форм капитала, которые могут «конвертироваться» друг в друга:

- духовный капитал (система ценностей и этических ориентиров, наработанная «благая карма»);
- интеллектуальный капитал (образование, знания, интеллект);
- культурный капитал
- эмоциональный капитал, соотносимый с концепцией эмоционального интеллекта;
- социальный капитал как сеть контактов и отношений с людьми;
- телесный капитал (здоровье, выносливость, жизненная энергия).

Такой взгляд согласуется с обсуждением культурного и социального капитала Б. Бурдье [Бурдье, 2002], моделями интеллектуального капитала Л. Эдвинссона и М. Мэлоуна [Эдвинссон Л, Мэлоун М., 2005] и исследованиями сферы «духовного капитала» Зохар Д., Маршалл И. [Зохар Д., Маршалл И., 2010].

Системное развитие взгляда на капитал и благополучие находит также отражение в концепции Валового национального счастья (ВНС),

реализованной в Бутане, и Индексе человеческого развития (ИЧР), введенном Программой развития Организации Объединенных Наций [Дохолян С.В., Вершинина М.А., 2024; Попова С.А., 2021].

Парамиты усердия и щедрости

«Парамита» в буддизме означает «освобождающее действие», «трансцендентное совершенство», «действие, переправляющее на тот берег океана существования», то есть приводящее к просветлению, к полной реализации.

Парамита усердия понимается как трудолюбие, отсутствие лени, способность много работать, не теряя радости от усилий.

Создать и развивать бизнес требует усердия: постоянного саморазвития, творчества и самоотдачи, – т.к. предприниматель постоянно имеет дело с хаосом, из которого он строит «космос», говоря языком античности [Аксенова М.Д., 2025а].

Практика даяния или щедрости чаще всего трактуется как финансовое пожертвование или материальный дар. Во многих странах пожертвования в пользу монастырей являются традиционными для каждой семьи. Также известны случаи, когда спонсоры дарили буддийским школам недвижимость или позволяли безвозмездно использовать свои помещения, чтобы ученики могли собираться и совместно делать практики.

Буддийские мастера говорят также о наилучшем виде щедрости – дарить другим развитие и знания о «природе ума», то есть то, что даст людям высшее из возможных благ, освобождение.

Расширительная трактовка понятия «капитал» приводит нас к пониманию, что щедростью могут быть:

- передача полезного контакта как даяние социального капитала,
- передача знаний как интеллектуальное даяние,
- дружеская поддержка, эмпатия, активное слушание как даяние из сферы эмоциональных компетенций [Аксенова М.Д., 2025б],
- новое изобретение, организация мероприятия, создание качественного продукта или полезной услуги.

Ключевым вопросом становится мотивация, из которой предприниматель делает это действие [Джимбинов К.Д., 2025].

Такое понимание согласуется со словами буддийского мастера Джигме Ринпоче, произнесенными на II Global Buddhist Summit (Дели, январь 2026) в своем выступлении в рамках дискуссионной панели «Entrepreneurship and Right Livelihood in Buddha Dhamma» сказал: «Даянием может быть улыбка, если она идет от сердца».

Эмпирические исследования показывают, что люди по своей природе запрограммированы учитывать интересы других, а процесс принятия социальных решений опирается на конкретные нейронные механизмы (Фер Э., 2009). Таким образом, практика щедрости способствует росту:

- социального капитала (укреплению репутации и лояльности бренду, формированию устойчивого сотрудничества),
- субъективного благополучия [Хащенко В. А., 2011],
- накоплению благой кармы.

Научная интерпретация понятия кармы применительно к социальным активностям

Слово «карма» этимологически восходит к санскритскому корню «кри», что в переводе означает «действие», «действовать». Согласно буддийской философии, человек состоит из тела, речи и ума. Карма понимается как закономерный результат совокупности:

- намерений (действий ума),
- слов (действий речи),
- поступков (действий тела).

Это не мистическое предопределение и не «слепая судьба» (Музафарова Н.Р.. 2022), а сложный причинно-следственный комплекс, созвучный универсальным этическим максимам и мудрости, отраженной в пословицах, например, «что посеешь, то и пожнешь».

С позиций когнитивной и социальной психологии устойчивые паттерны мышления (автоматические мысли, базовые убеждения) и преобладающий эмоциональный фон (привычки эмоционального реагирования) формируют диспозиции характера, которые, в свою очередь, определяют поведенческие стратегии. Эти стратегии, реализуясь в социальном взаимодействии, порождают долгосрочные жизненные результаты, включая результаты в финансовой сфере. Пословица отражает этот принцип так «посеешь привычку, пожнешь характер, посеешь характер, пожнешь судьбу». Таким образом, кармический принцип связывает ментальные, эмоциональные, вербальные привычки, этические выборы, сделанные человеком, и их отдаленные последствия.

Срединный путь в духовной практике и экономическом поведении

Буддийский принцип срединного пути, предписывающего избегать крайностей аскетизма и гедонизма, обладает прикладным потенциалом в предпринимательстве. Его можно рассматривать как методологическую основу для поиска баланса между:

- различными сферами жизни, в том числе временем, выделяемым на медитацию и на профессиональную деятельность,
- краткосрочной и долгосрочной перспективой,
- заботой об интересах потребителей, бизнес-партнеров и своими.

Буддийский подход к предпринимательству предполагает соединение добросовестных, компетентных и интенсивных усилий, которые, сопряжены с состоянием осознанности, вдохновения, стремления реализовать свой потенциал, избегая как халатности, так и выгорания.

Работа, выполняемая с полной самоотдачей и осознанностью, трансформируется из простой занятости в акт служения.

Если делать свою работу плохо, это, очевидно создает неблагую карму. Для предпринимателя работой является эффективное ведение бизнеса. Совершенствование своего профессионализма, а также качества своего продукта – это то, что создает и благую карму, и долгосрочный успех бизнес-проекта, формируя лояльность потребителей. [Уланов М. С., Уланова Г.В., 2014; Шумахер Э., 2012]

Чистота мотивации и базовое состояние человека

«Базовое состояние» – это привычное состояние ума, определяемое преобладающими ценностными установками, эмоциональными паттернами и когнитивными привычками. Базовое состояние непосредственно влияет на выборы, которые делает человек. Если решения приняты из состояния недовольства, гнева, печали, то долгосрочные последствия таких решений не будут служить благу этого человека и других живых существ.

Если же базовое состояние характеризуется осознанностью, «радостной дисциплиной» ума и намерением, направленным на благо других, то действия, сделанные из этого состояния, будут одновременно этичными и точными.

Целостность

Разделение экономической деятельности («зарабатывание денег») и духовно-этической практики («совершение добра») представляется методологически несостоятельным с точки зрения принципов целостности, этичности и избегания крайностей. Подход, предполагающий разделение фаз – «сначала заработать деньги» (любыми средствами), а «потом творить добро» (через благотворительность) – создает внутренний конфликт, «расщепляет» личность предпринимателя и ведет к формированию несистемных, зачастую демонстративных, социальных инвестиций.

Более перспективной представляется модель бизнеса, который одновременно является финансово эффективным и производит позитивное социальное воздействие, т.к. этические принципы и мотивация принесения блага живым существам встроены в саму бизнес-деятельность.

Это приводит к формированию так называемой «многопартнерской ценности», когда выгоду извлекают не только акционеры, но и сотрудники, потребители, местные сообщества и окружающая среда.

Эмпирический кейс применения целостного социально ответственного подхода в предпринимательстве

Нами был представлен эмпирический кейс – издание «Энциклопедии для детей “Аванта+”», который служит наглядной иллюстрацией данной модели.

Фокус на создании общественного блага через вдохновляющую усердно проработанную концепцию [Аксенова М.Д., Санюк В.И., 2001] и скрупулезную добросовестную профессиональную работу закономерно привел:

- к коммерческому успеху (тираж 20.000.000 экземпляров),
- к масштабному позитивному социальному воздействию – формирование энциклопедических знаний у трех поколений
- содействию раскрытию потенциала основателей бизнес-проекта, сотрудников издательства, внештатных авторов энциклопедических статей, юных читателей.

Бизнес в данном случае изначально был спроектирован как практика служения и даяния знаний, а финансовая устойчивость стала естественным следствием качества и заботы о потребителях, сотрудниках и партнерах.

Такой бизнес становится платформой для самореализации людей, побуждая всех вовлеченных к осознанию своего потенциала и активации своих лучших качеств.

Заключение

Интеграция ключевых буддийских концепций:

- кармы (закона причины и следствия),
- срединного пути,
- парамит (усердия и щедрости),
- чистой мотивации,
- реализации потенциала,

– в предпринимательское мышление и практику предлагает целостную, этически ориентированную и практически-применимую управленческую парадигму. Она позволяет преодолеть искусственную дихотомию между материальной эффективностью и духовно-нравственными основаниями предпринимательской деятельности. Построение бизнеса как осознанная практика, нацеленная на создание ценности для всех участников, выступает не только фактором психологического благополучия, духовного развития, реализации потенциала предпринимателей и сотрудников, но и драйвером построения более устойчивых, социально ответственных и конкурентоспособных экономических систем.

Данное междисциплинарное направление обладает значительным потенциалом для дальнейших теоретических и эмпирических исследований. Одно из направлений – соотнесение духовного пути и денег.

Буддийский мастер Джигме Ринпоче на III Международном буддийском форуме (Элиста, сентябрь 2025) в своем выступлении в рамках дискуссионной панели «Влияние буддийских ценностей на выбор экономических приоритетов» сказал: «Я глубоко уверен, что для того, чтобы быть духовным, нет необходимости быть бедным. Для монахов не иметь денег — это форма практики, тренинга». Продолжая его мысль, можно сказать, что для людей, живущих в социуме, тренинг – это искусство управления деньгами с чистой мотивацией.

Отсутствие денег не делает нас чище, также как богатство не делает нас грязнее. Деньги – «лакмусовая бумажка», которая проявляет то, что у человека внутри [Аксенова, 2025а]. А еще деньги – это вызов, испытание, своего рода «медные трубы». Сохранять баланс между работой с деньгами и следованием духовному пути – настоящее искусство.

Литература

1. Аксенова М.Д. 2025 Законы денег и любви к себе – М.: АСТ. – 352 с.
2. Аксенова М.Д. 2025. Эмоциональные компетенции как фактор эффективности предпринимателя // Научное обозрение. Серия 2 Гуманитарные науки. – №6
3. Аксенова М.Д., Санюк В.И. 2001. Опыт энциклопедической реализации базовых идей фундаментального естественнонаучного образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: фундаментальное естественнонаучное образование. – №6.
4. Бурдье П. 2002. Формы капитала // Экономическая социология. – Т. 3, № 5.
5. Дохолян С.В., Вершинина М.А. 2024. Индекс человеческого развития и социальное благополучие: современный подход к оценке качества жизни // РППЭ. – №11 (169).
6. Джимбинов К.Д. 2025. Богатство и буддизм // Власть. – Т. 33.№ 4.
7. Зохар Д., Маршалл И. 2010. Духовный капитал: Создание устойчивой ценности. – М.: Альпина. – 304 с.
8. Музафарова Н.Р. 2022. Понятие «карма» в философии северного буддизма // Вестник Бурятского государственного университета. Философия. Вып. 2
9. Попова С.А. 2021. Цивилизационное счастье как альтернатива валового внутреннего продукта // Вестник евразийской науки. – №3.
10. Уланов М. С., Уланова Г.В. 2014. К вопросу об экономическом потенциале буддийской культуры // Каспийский регион: политика, экономика, культура. – №4 (41).
11. Фер Э. 2009. Социальная нейроэкономика: Нейронная схема социальных предпочтений / Э. Фер, К. Ф. Камерер // Тенденции в когнитивных науках. – №11 (10)
12. Хащенко В. А. 2011. Субъективное экономическое благополучие как предиктор субъективного качества жизни // Теоретическая и экспериментальная психология. – №4.
13. Шумахер. Э. 2012. Малое прекрасно. Экономика, в которой люди имеют значение. – М.: Высшая школа экономики.
14. Эдвинссон Л., Мэлоун М. 2005. Интеллектуальный капитал. Определение истинной стоимости компании. – СПб.: Питер. — 240 с.

Entrepreneurship and the buddhist spiritual path

Aksenova M.D.

Avanta+

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

This interdisciplinary study analyzes the integration of philosophical and ethical principles of Buddhism into the paradigm of entrepreneurial activity.

A holistic approach is applied to the understanding of different forms of capital, including financial, intellectual, cultural, emotional, social, and spiritual capital.

The case of the publishing project "The Children's Encyclopedia Avanta+" is discussed as an illustration of a "holistic" business design, in which value for people is created in the very process of activity, rather than solely through profit redistribution.

It is concluded that value- and ethics-oriented activity can simultaneously function as a factor of: (1) personal and spiritual development, (2) positive social impact, (3) enhancement of subjective well-being, and (4) the effectiveness and sustainability of business models and financial outcomes.

Keywords: Buddhist economics, Middle Way, karma, paramita, capital, entrepreneurship, business ethics, well-being, spirituality, development.

References

1. Aksenova M.D. 2025. The Laws of Money and Self-Love – Moscow: AST. – 352 p.
2. Aksenova M.D. 2025. Emotional Competencies as a Factor in Entrepreneur Effectiveness // Scientific Review. Series 2. Humanities. – No. 6
3. Aksenova M.D., Sanyuk V.I. 2001. The Experience of Encyclopedic Implementation of Basic Ideas of Fundamental Science Education // Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Fundamental Science Education. – No. 6.
4. Bourdieu P. 2002. Forms of Capital // Economic Sociology. – Vol. 3, No. 5.
5. Dokholyan S.V., Vershinina M.A. 2024. Human Development Index and Social Well-Being: A Modern Approach to Assessing Quality of Life // RPPE. - No. 11 (169).
6. Dzhimbinov K.D. 2025. Wealth and Buddhism // Power. - Vol. 33. No. 4.
7. Zohar D., Marshall I. 2010. Spiritual Capital: Creating Sustainable Value. - Moscow: Alpina. - 304 p.
8. Muzafarova N.R. 2022. The Concept of "Karma" in the Philosophy of Northern Buddhism // Bulletin of the Buryat State University. Philosophy. Issue 2
9. Popova S.A. 2021. Civilizational Happiness as an Alternative to Gross Domestic Product // Bulletin of Eurasian Science. - No. 3.
10. Ulanov M. S., Ulanova G. V. 2014. On the Economic Potential of Buddhist Culture // Caspian Region: Politics, Economics, Culture. – No. 4 (41).
11. Fehr E. 2009. Social Neuroeconomics: The Neural Circuit of Social Preferences / E. Fehr, K. F. Camerer // Trends in Cognitive Sciences. – No. 11 (10)
12. Khaschenko V. A. 2011. Subjective Economic Well-being as a Predictor of Subjective Quality of Life // Theoretical and Experimental Psychology. – No. 4.
13. Schumacher. E. 2012. Small is Beautiful. An Economy in Which People Matter. – Moscow: Higher School of Economics.
14. Edvinsson L., Malone M. 2005. Intellectual capital. Determining the true value of a company. – St. Petersburg: Piter. – 240 p.

Роль паровых машин в эффективности тушения пожаров в столице Российской империи

Бородин Михаил Павлович
кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя РФ генерала армии Е.Н. Зиничева, michaelborodin@mail.ru

В контексте развития пожарной охраны Санкт-Петербурга техническое перевооружение выступает ключевым условием повышения эффективности борьбы с огнем в период существования Российской империи. Исследование сосредоточивается на выявлении прямой зависимости между совершенствованием материально-технической оснащенности и реальными результатами пожаротушения. Основная задача состоит в воссоздании значения инновационного оборудования через привлечение научных публикаций, архивных материалов и ранее не вводившихся в оборот документов. Изучение комплекса источников демонстрирует, как внедрение современных для того времени механизмов, инструментария и служебного имущества существенно расширяло тактические возможности подразделений и позволяло преодолевать ранее непреодолимые ограничения в локализации крупных возгораний.
Прошлый опыт сохраняет практическую значимость для сегодняшней организации пожарного дела, поскольку выявленные закономерности убедительно показывают, что успех в спасательных операциях напрямую определялся скоростью обновления техники и уровнем материального обеспечения. Отличительной чертой настоящего анализа выступает целостный подход к оценке влияния технологических достижений на трансформацию оснащения столичной пожарной службы. Особое внимание уделяется государственной политике властей империи, которая целенаправленно укрепляла систему защиты северной столицы от огня, создавая тем самым основу для последующего реформирования пожарной охраны на общероссийском уровне.
Ключевые слова: Паровые пожарные машины, заливные трубы, технический прогресс, пожарный обоз.

В XIX-XX вв. С.-Петербургская пожарная команда располагала комплексом машин, аппаратов и приспособлений, который расширял возможности борьбы с огнем и уменьшал масштаб разрушений, возникавших при пожарах [10]. Технические средства различались по функциональному назначению. Часть устройств обеспечивала своевременное извещение об опасности, другая часть подавала воду из ближайшего водохранилища к месту пожара. Отдельная группа техники направляла мощные струи воды на горящие здания и сооружения, еще одна группа сдерживала распространение огня, а средства спасательного назначения снижали угрозу для людей в зоне пожара [13;16].

Центральное место в системе пожаротушения занимала пожарная труба, поскольку конструкция пожарной трубы обеспечивала подачу значительного объема воды под сильным напором. На рисунке 1 представлена пожарная труба ручного действия. Устройство включало два медных цилиндра с поршнями и клапанную коробку, размещенную между цилиндрами. Нижние клапаны выполняли всасывание воды, верхние клапаны создавали нагнетание. Основные элементы помещались в железный ящик, или короб. Короб крепился на деревянном поддонке в виде салазок с железными полозьями, благодаря чему пожарную трубу перемещали и устанавливали на предназначенное место на трубном ходу.

Рисунок 1. Пожарная труба ручного действия

Короб пожарной трубы расширял способы подачи воды к очагу возгорания, поскольку короб допускал заполнение ведрами или через домовый водопроводный кран и тем самым исключал обязательное использование забирного рукава. Пожарный насос отличался от трубы наружной компоновкой, устройством клапанов и расположением цилиндров. Основная сфера применения пожарного насоса была связана с накачиванием воды в бочки из водовместилищ, однако пожарный насос мог выполнять и функции пожарной трубы. Порядок обращения с пожарным насосом и правила ухода за пожарным насосом соответствовали требованиям, установленным для трубы [6; 7; 19].

Паровая машина изменила сам принцип тушения пожаров, поскольку паровой привод снял зависимость подачи воды от физического усилия качальщиков. Ручной пожарный насос сохранял статус основного средства пожаротушения более 300 лет, однако конструктивные пределы ручного пожарного насоса сдерживали рост производительности. Пожарные паровые машины, построенные Брайтуайтом и Эриксоном в 1829 г., быстро вошли в практику пожарных команд Америки, Германии и Франции, так как новая техника одновременно повышала интенсивность подачи воды и уменьшала потребность в тяжелом ручном труде. Одна паровая пожарная машина по рабочему эффекту заменяла десятки заливных труб. Паровые машины создавали давление воды в 8-10 раз выше по сравнению с ручными насосами и могли забирать воду непосредственно из водоемов, поэтому подвоз воды к месту пожара терял прежнее значение. Российские города осваивали паровые пожарные машины медленно, поскольку высокая стоимость ограничивала темпы закупки [2; 22].

Пожарная паровая машина конструктивно объединяла водяной насос с паровым двигателем, в котором энергия расширяющегося пара приводила в движение поршень насоса. Устройство состояло из парового котла, собственно паровой машины, выполнявшей функции насоса,

и колесной платформы, обеспечивавшей мобильность. Котлы таких машин принадлежали к трубчатому типу: внутри параллельно расположенных металлических трубок циркулировала вода, тогда как пламя воздействовало на их внешнюю поверхность. Благодаря значительной площади нагрева при ограниченном объеме воды трубчатая конструкция позволяла довести котел до рабочего давления за 8–12 минут, что в условиях пожара определяло разницу между успехом и катастрофой.

Паровые насосы изготавливались в горизонтальном или вертикальном исполнении и могли иметь один, два или три цилиндра. Наиболее распространенная компоновка предполагала размещение поршней парового и водяного цилиндров на общем штоке: поступательное движение, создаваемое паром, сразу превращалось в подачу воды без промежуточных передач. Корпус водяного насоса оснащался резьбовыми патрубками для присоединения всасывающих и напорных рукавов; воздушные колпаки выравнивали давление в магистралях, а подпитка котла осуществлялась непосредственно от собственного насоса, что исключало необходимость отдельного источника воды для парообразования.

На иллюстрациях представлены машины производства английской фирмы Shand, Mason & Co. Первая из них, крупная модель с конной тягой, развивала производительность до 300 ведер в минуту и комплектовалась четырьмя напорными рукавами. Вторая, компактная версия с ручной перевозкой, обеспечивала подачу около 36 ведер в минуту и предназначалась для оперативного применения в стесненных городских условиях [21].

Рисунок 2. Большая паровая машина конной тяги

Рисунок 3. Небольшая паровая пожарная труба ручной тяги

Эксплуатация паровой пожарной машины требовала отдельного машиниста, поскольку управление котлом, контролем давления и запуском насоса нельзя было совмещать с другими действиями на пожаре. Машинист следовал к месту вызова на самой машине и занимал позицию на специальной подножке позади котла, что сохраняло доступ к основным узлам во время движения. В круг обязанностей машиниста входил постоянный надзор за машиной, так как любое отклонение в работе котла или насоса снижало готовность техники к немедленному пуску. Подъезд к месту пожара сопровождался заблаговременной растопкой котла, поэтому установка машины и прокладка рукавов не вызывали задержки при вводе в действие. Малейшая неисправность, способная остановить работу машины, подлежала немедленному докладу Брандмейстеру, поскольку дальнейшее использование агрегата зависело от оценки обстановки и технического состояния. Возвращение с пожара переводило машину в режим послепоходного обслуживания: трубники и кочегар выполняли чистку, а машинист контролировал качество выполненных работ.

Тушение пожаров на воде и в прибрежной зоне обеспечивали пожарные пароходы (рис.4), поскольку береговая техника не всегда могла подойти к очагу возгорания на достаточное расстояние. Конструкция пожарного парохода включала не только судовую машину для движения, но и отдельную пожарную паровую машину, рассчитанную на работу с двумя рукавами. Комплект оснащения дополняли рукава, багры и прочие пожарные принадлежности, что расширяло возможности тушения и спасательных действий на акватории. Значительная удаленность очага от судна меняла способ применения пожарного парохода: вода подавалась не непосредственно на пожар, а в бочки для последующей доставки, прежде всего в местностях без водопровода [19].

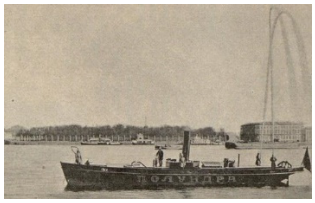


Рисунок 4. Пожарный пароход «Полундра» во время работы.

Весной 1862 г. в Петербурге загорелся Апраксин двор, при его тушении применили паровой пожарный насос [22].

После большого Апраксинского пожара была приобретена в 1863 г. первая паровая машина фабрики „Шанд- Мейсон“ в Лондоне.

Постепенно количество пожарных паровых машин в пожарной охране Санкт-Петербурга увеличивалось, что позволило их включить в расписание выезда пожарной команды (таблица 1) [3; 18].

Таблица 1
Расписание выезда паровых машин. (Приложение к приказу от 13 мая 1888г. №133)

№ п/п	В ЧАСТИ	ПАРОВЫЕ МАШИНЫ						
		Петровская	Казанская	Нарвская	Московская	Рождествен-ская	Василеостров-ская	Петербургская
1.	Адмиралтей-скую	1уч. № 3 2уч. № 4	№ 3	-	№ 4	-	2уч. № 3 1уч. № 4	-
2.	Казанскую	1уч. № 3	№ 3	№ 4	2 и3 уч.: № 3	-	№ 4	-
3.	Спасскую	№ 4	№ 3	№ 4	№ 3	-	-	-
4.	Коломенскую	-	№ 3	№ 3	№ 4	-	№ 4	-
5.	Нарвскую	-	№ 4	№ 3	№ 3	-	№ 4	-
6.	Московскую	-	№ 4	№ 3	№ 3	№ 4	-	-
7.	Ал.-Невскую	-	№ 4	№ 4	№ 3	№ 3	-	-
8.	Шлиссельбург-скую	-	-	-	№ 4	№ 3	-	-
9.	Рождествен-скую	№ 4	№ 4	-	№ 3	№ 3	-	-
10.	Литейную	№ 4	№ 4	-	№ 3	№ 3	-	-
11.	Васильевскую	№ 4	№ 4	-	-	-	№ 3	№ 3
12.	Петербургскую	№ 3	1 и 3 уч.: № 4	-	-	-	2 и 4 уч.: № 4	№ 3
13.	Выборгскую	№ 3	-	-	№ 4	№ 4	-	№ 3
14.	Охтинскую	№ 3	№ 4	-	-	№ 4	-	-
15.	За Нарвскую заставу	-	-	№ 3	№ 4	-	-	-
16.	»Московскую »	-	-	№ 4	№ 3	№ 4	-	
17.	» Шлиссель-бургскую	-	-	-	-	-	-	-
18.	» Выборгскую	№ 3	-	-	-	№ 4	-	№ 4
19.	На Пороховые	№ 4	-	-	-	-	-	№ 4
20.	В Стар. и Нов. Деревни	№ 3	№ 4	-	-	-	№ 4	№ 4

Выезд паровых машин со своей частью по № 2 предусматривался для пожаров на набережных и в иных пунктах, где имелся достаточный запас воды для бесперебойной работы насосов. Аналогичный порядок применялся и при направлении техники в другие части города, когда местный брандмейстер заявлял специальное требование [19]. Расширение парка шло по линии постепенной замены устаревших образцов и наращивания общей численности машин. К указанному периоду город располагал 10 паровыми машинами; одну машину в 1891 г. передал в дар граф Александр Дмитриевич Шереметев, еще 3 машины были приобретены в 1903 г.

Реорганизация пожарного обоза Санкт-Петербурга в 1904–1913 годах затронула как количественный состав техники, так и всю систему ее размещения по подразделениям. За этот период парк пополнился девятью новыми паровыми машинами, что позволило отказаться от специализированных трубных ходов. Трубы сняли с отдельных повозок и перераспределили на бочечные линейки, высвободив тем самым транспортные средства и упростив логистику выездов.

Открытие дополнительных пожарных частей и концентрация паровых машин в наиболее загруженных районах сделали избыточными прежние резервные подразделения. Весь их обоз передали в основное депо, ликвидировав дублирование функций. В центральных районах города, где плотность водопроводных кранов стремительно росла, потребность в ручных трубах и бочках резко снизилась. В нескольких частях их полностью вывели из эксплуатации, заменив тринадцатью газовыми трубами, которые не требовали водовозов и могли работать непосредственно от гидрантов.

На окраинах, где водопроводная сеть оставалась недостаточно развитой, традиционное оснащение сохранилось, хотя его объем существенно уменьшился. Освободившихся лошадей направили на обеспечение новых подразделений, обслуживание недавно поступивших паровых машин с сопровождающими фургонами, газовых труб и механических лестниц. Последние появились в Замковой, Гаванской, Заставной и Чернореченской частях, значительно повысив возможности спасения людей с верхних этажей [20].

Подробные данные о динамике состава обоза и комплектации команд за указанное десятилетие, включая рост количества паровых машин, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сведения об инвентаре пожарного обоза и снаряжении команды за 1904-1913г.г. (Перечислены лишь предметы, необходимые для выезда и работы на пожарах)

	Технические средства и инвентарь пожарного обоза	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
1	Автомобилей	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-
2	Углекислых огнегасителей	-	-	-	-	4	12	12	13	13	14
3	Линеечных ходов (летн. и зимн.)	41	40	43	44	42	32	40	39	36	34
4	Трубно-линеечных ходов	12	12	13	13	10	13	4	4	5	5
5	Трубных ходов (летн. и зимн.)	47	50	31	20	7	1	4	2	1	2
6	Бочечных ходов (летн. и зимн.)	168	169	163	159	143	101	98	93	85	69
7	Лестниц механических	15	15	16	15	17	17	17	17	18	18
8	Лестниц выдвижных	15	24	16	23	30	35	34	38	36	42
9	Лестниц складных	23	23	17	12	8	7	6	4	5	3
10	Лестниц одноколенных	19	19	16	15	14	13	9	11	9	7
11	Лестниц штурмовых	9	15	13	19	24	41	37	42	42	40
12	Пароходов пожарных	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	Паровых машин	11	11	11	13	15	18	19	19	19	19
14	Фургонов к ним (летн. и зимн.)	20	20	20	21	23	29	34	34	34	34
15	Труб ручных	35	38	32	31	35	25	27	25	27	26
16	Насосов	28	26	30	32	19	16	18	14	7	8
17	Фонарей ручных	44	43	35	33	38	36	37	41	46	42
18	Брезентов	-	-	-	-	-	-	-	3	22	20

Статистический массив по пожарам позволил проследить рост общего числа возгораний и выделить изменение доли крупных пожаров в городской пожарной истории. Сопоставление показателей выявило причинную связь между масштабом пожаров и состоянием пожарной техники, прежде всего средствами оповещения и устройствами подачи воды. Материалы по Санкт-Петербургу за 1865-1874 гг. показывают, что после формирования профессиональной пожарной охраны количество крупных пожаров сократилось, однако соотношение между общим числом пожаров и числом крупных пожаров сохранялось неблагоприятным. Почти половина зарегистрированных возгораний в указанный период переходила в крупную фазу, а подобная пропорция указывала на недостаточную техническую оснащенность пожарной службы. Снижение темпов роста крупных пожаров было связано с обновлением материально-технической базы пожарной охраны, где особое место занимали средства пожарного оповещения [1; 11; 12; 15]. Последующее усовершенствование заливных труб усилило указанную зависимость, поскольку новая техника повышала скорость подачи воды и расширяла возможности локализации огня.

Динамика за 1874-1913 гг. фиксирует иную конфигурацию пожарной ситуации. Общее количество пожаров в городе выросло с 391 до 1586, то есть более чем в 4 раза, тогда как число крупных пожаров не увеличилось и даже сократилось со 173 до 72 [4; 5]. Перелом в соотношении между общим числом возгораний и числом крупных пожаров возник не сам по себе, а под воздействием технического прогресса в пожарной связи, совершенствования заливных труб и расширения их парка [8; 9; 18]. Своевременное извещение о пожаре уменьшало потери времени на выезд, а обновление материальной части повышало интенсивность тушения на начальной стадии. Паровые пожарные машины заняли в указанном процессе особое место, поскольку паровой привод увеличивал напор воды и снижал зависимость результата от физических возможностей личного состава. Техническое обновление пожарной охраны сдержало рост крупных пожаров в условиях быстрого увеличения общего числа возгораний, но указанный вывод относится прежде всего к тем частям города, где модернизация связи и оснащения достигла наибольшей полноты.

Литература

1. Бородин М.П. Положительная роль технического прогресса в динамике развития в системе оповещения о пожарах и ЧС в столице Российской империи. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2024. № 2-1.

2. Бородин М.П. Исторические аспекты создания профессиональной пожарной охраны в России. Казачество. 2021. № 56 (6).

3. Бородин М.П. Исторические предпосылки создания и развития тактики пожаротушения. Казачество. 2022. № 62 (5).

4. Бородин М.П. История становления и развития системы связи профессиональной пожарной охраны (XIX - начало XX в.в.)/ М.П. Бородин. Дисс. канд. ист. наук. –СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. Санкт-Петербург. 2012.

5. Бородин М.П. История становления и развития системы связи профессиональной пожарной охраны (XIX - начало XX в.в.)/ М.П. Бородин. Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. ист. наук. – СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. Санкт-Петербург. 2012.

6. Бородин М.П. Основные аспекты пожаротушения императорской столичной профессиональной пожарной команды. Казачество. 2022. № 62 (5).

7. Бородин М.П. Реагирование императорской профессиональной пожарной команды на экстренные вызовы. Казачество. 2022. № 59 (2).

8. Бородин М.П. Система оповещения о пожарах в столице Российской империи в XIX веке. Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2010. Т. 4. № 2.

9. Бородин М.П. Система оповещения о пожарах профессиональной пожарной команды Петербурга в первой половине XIX века. Казачество. 2021. № 57 (7).

10.Бородин М.П. Сравнительный анализ функционалов электротехнических устройств системы оповещения о пожарах и ЧС столицы Российской империи в XIX веке. Экономическое развитие России. 2025. Т. 32. № 10

11. Бородин М.П., Зуев А.В. Историография системы электросвязи профессиональной пожарной команды столицы Российской империи. Вопросы национальных и федеративных отношений. 2023. №6 (99). Том 13.

12. Бородин М.П., Зуев А.В. Инновационные тенденции разработки и совершенствования оборудования системы оповещения Санкт-Петербурга о пожарах и ЧС в XIX- начале XXвв. Казачество. 2023. № 67 (2).

13. Бородин М.П., Зуев А.В. Некоторые аспекты материально-технического состояния пожарного дела столицы Российской империи в начале XX века. Власть истории –История власти. 2023. № 49(7). Том 9.

15. Бородин М.П., Зуев А.В.. Электросигнальный автоматический аппарат как начало технического прогресса оповещения о пожарах и чрезвычайных ситуациях в столице Российской империи. Казачество. 2023. №66 (1).

16. Бородин М.П., Рубцов С.Н., Гаврилова О.В., Зуев А.В. Инновационные предпосылки учреждения профессиональной пожарной охраны в Российской империи. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2024. № 9-2.

18. Гавкалюк Б.В., Бородин М.П., Преснов А.И., Марченко М.А. Технические достижения в системе оповещения о пожарах и чрезвычайных ситуациях Санкт-Петербурга (XIX – начало XX вв.): монография / Б.В. Гавкалюк [и др.]. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России 2025.

19. Клейгельс Н.В. Инструкция для С.-Петербургской пожарной команды / Н.В. Клейгельс. – СПб.: Типография СПб Градоначальства, 1899.

20. Литвинов А.В. Отчет С.-Петербургской пожарной команды за 1913 год / А.В. Литвинов. СПб.: б.и., 1914.

21. Львов А.Д. Городские пожарные команды / А.Д. Львов. – СПб.: Типография А. Якобсона,1890.

22. Щаблов Н.Н. Пылающая Русь/ Н.Н. Щаблов. – СПб.: Государственное предприятие «Полиграфическое предприятие № 3», 1996.

The role of steam engines in the effectiveness of firefighting in the capital of the Russian Empire

Borodin M.P.

Saint Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E.N. Zinichev

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

In the context of the development of the St. Petersburg fire department, technical re-equipment is a key condition for improving the effectiveness of fire fighting during the existence of the Russian Empire. The research focuses on identifying a direct relationship between the improvement of material and technical equipment and the actual results of firefighting. The main task is to recreate the significance of innovative equipment through the involvement of scientific publications, archival materials and previously unpublished documents. The study of the complex of sources demonstrates how the introduction of modern mechanisms, tools and office equipment for that time significantly expanded the tactical capabilities of the units and made it possible to overcome previously insurmountable limitations in the localization of large fires.

Past experience remains of practical importance for today's organization of firefighting, since the revealed patterns convincingly show that success in rescue operations was directly determined by the speed of updating equipment and the level of material support. A distinctive feature of this analysis is a holistic approach to assessing the impact of technological advances on the transformation of the equipment of the metropolitan fire service. Special attention is paid to the state policy of the imperial authorities, which purposefully strengthened the system of protection of the northern capital from fire, thereby creating the basis for subsequent reform of fire protection at the national level.

Keywords: Steam fire engines, filler pipes, technical progress, fire train.

References

1. Borodin M.P. The positive role of technological progress in the dynamics of development in the fire and emergency warning system in the capital of the Russian Empire. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Humanities. 2024. No. 2-1.
2. Borodin M.P. Historical aspects of the creation of professional fire protection in Russia. The Cossacks. 2021. № 56 (6).
3. Borodin M.P. Historical prerequisites for the creation and development of firefighting tactics. The Cossacks. 2022. № 62 (5).
4. Borodin M.P. The history of the formation and development of the communication system of professional fire protection (XIX - early XX century)/ M.P. Borodin. Dissertation of the Candidate of Historical Sciences. St. Petersburg: A.I. Herzen Russian State Pedagogical University. Saint Petersburg, 2012.
5. Borodin M.P. The history of the formation and development of the communication system of professional fire protection (XIX - early XX century)/ M.P. Borodin. Abstract of the dissertation. for the degree of Candidate of Historical Sciences. St. Petersburg: A.I. Herzen Russian State Pedagogical University. St. Petersburg. 2012.
6. Borodin M.P. The main aspects of firefighting of the Imperial Capital professional fire brigade. The Cossacks. 2022. № 62 (5).
7. Borodin M.P. The response of the Imperial professional fire brigade to emergency calls. The Cossacks. 2022. № 59 (2).
8. Borodin M.P. The fire warning system in the capital of the Russian Empire in the 19th century. Bulletin of the Leningrad State University named after A.S. Pushkin. 2010. Vol. 4. No. 2.
9. Borodin M.P. The fire warning system of the professional fire brigade of St. Petersburg in the first half of the 19th century. The Cossacks. 2021. № 57 (7).
10. Borodin M.P. Comparative analysis of the functionals of electrotechnical devices of the fire and emergency warning system of the capital of the Russian Empire in the 19th century. Economic development of Russia. 2025. Vol. 32. No. 10
11. Borodin M.P., Zuev A.V. Historiography of the telecommunication system of the professional fire brigade of the capital of the Russian Empire. Issues of national and federal relations. 2023. №6 (99). Volume 13.
12. Borodin M.P., Zuev A.V. Innovative trends in the development and improvement of equipment for the St. Petersburg fire and emergency warning system in the 19th-early 20th centuries. The Cossacks. 2023. № 67 (2).
13. Borodin M.P., Zuev A.V. Some aspects of the material and technical condition of fire fighting in the capital of the Russian Empire at the beginning of the XX century. The power of History is the History of power. 2023. № 49(7). Volume 9.
15. Borodin M.P., Zuev A.V. An electric alarm automatic device as the beginning of technological progress in fire and emergency notification in the capital of the Russian Empire. The Cossacks. 2023. №66 (1).
16. Borodin M.P., Rubtsov S.N., Gavrilova O.V., Zuev A.V. Innovative prerequisites for the establishment of professional fire protection in the Russian Empire. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Humanities. 2024. No. 9-2.
18. Gavkalyuk B.V., Borodin M.P., Presnov A.I., Marchenko M.A. Technical achievements in the fire and emergency warning system in St. Petersburg (XIX - early XX centuries): monograph / B.V. Gavkalyuk [et al.]. St. Petersburg: St. Petersburg. Uni-t GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia 2025.
19. Kleigels N.V. Instructions for the St. Petersburg fire brigade / N.V. Kleigels. - St. Petersburg: Printing house of St. Petersburg City Administration, 1899.
20. Litvinov A.V. Report of the St. Petersburg fire brigade for 1913 / A.V. Litvinov. St. Petersburg: B.I., 1914.
21. Lviv A.D. City fire brigades / A.D. Lviv. St. Petersburg: A. Yakobson Printing House, 1890.
22. Shchablov N.N. Flaming Russia/ N.N. Shchablov. St. Petersburg: State Enterprise "Polygraphic Enterprise No. 3", 1996.

Теоретические аспекты прогнозирования региональных экономических систем в условиях пространственной дифференциации

Клоков Михаил Дмитриевич
аспирант, Университет мировых цивилизаций им. В.В. Жириновского, maksimilanbarsodi@gmail.com,

Лебедев Константин Анатольевич
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры управления, Российский государственный гуманитарный университет; профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, k.lebedev@rgau-msha.ru

Статья посвящена исследованию теоретических основ прогнозирования региональных экономических систем, функционирующих в условиях ярко выраженной пространственной дифференциации. Установлено, что современная региональная экономика характеризуется нарастанием территориальных диспропорций, что требует совершенствования методологического аппарата предвидения социально-экономических процессов. Цель статьи заключается в систематизации теоретических концепций и методических приемов, позволяющих учесть неоднородность экономического пространства при построении прогнозных оценок. В рамках исследования рассмотрены базовые научные школы – от неоклассических равновесных моделей до эволюционных и институциональных подходов, а также проанализированы практические результаты макромоделирования территорий. Обосновано, что пространственная неоднородность выступает не только ограничением, но и источником дополнительной информации при верификации прогнозов. Систематизированы основные группы прогнозно-аналитического инструментария, включающие эконометрические, балансовые, имитационные и агент-ориентированные технологии. Предложены принципы интеграции фактора региональной асимметрии в процедуры сценарного планирования. Сделан вывод о необходимости перехода от унифицированных к адаптивным прогнозным системам, отражающим специфику межрегиональных разрывов и потенциал межтерриториального взаимодействия.

Ключевые слова: региональная экономическая система, прогнозирование, пространственная дифференциация, моделирование, социально-экономическое развитие, региональная асимметрия, межотраслевой баланс, экономико-математические методы, инновационное развитие, сценарное планирование.

Введение

Нарастание территориальных диспропорций в социально-экономическом развитии превращает пространственную дифференциацию в один из центральных вызовов региональной политики. При этом усиление разрывов между регионами-лидерами и периферийными территориями, концентрация капитала в ограниченном числе агломераций и одновременное снижение хозяйственной плотности на обширных пространствах порождают принципиальные трудности для прогнозирования.

Игнорирование пространственного фактора неизбежно приводит к завышению ожидаемых темпов роста депрессивных ареалов и ошибочным управленческим решениям. В этой связи критически важным становится переосмысление теоретического фундамента, на котором базируются модели предвидения региональной динамики.

Современный этап развития прогностической науки характеризуется сосуществованием множества парадигм, каждая из которых по-своему интерпретирует пространственную неоднородность. Т.Ж. Уметалиев утверждает, что теоретические основы прогнозирования инновационного развития регионов закладываются на стыке региональной экономики и теории управления, однако требуют более глубокой проработки пространственных аспектов [13].

Иными словами, традиционные подходы склонны рассматривать регион как изолированную единицу, тогда как на практике импульсы роста передаются по межрегиональным каналам, формируя сложную мозаику взаимовлияний. Данное несоответствие порождает необходимость детального обзора накопленного научного багажа.

Весомый вклад в понимание прикладных трудностей прогнозирования вносит анализ проблемных узлов, выполненный Ю.К. Акчулпановым. Он подчеркивает, что основными препятствиями на пути повышения точности предсказаний выступают информационная асимметрия, неустойчивость показателей малого бизнеса и несогласованность ведомственных прогнозных документов [2].

Указанная констатация смещает фокус внимания с чисто математических сложностей в плоскость институциональной среды, что особенно важно для пространственно неоднородных систем. Вместе с тем, для перехода от констатации проблем к их решению требуется систематизация самого прогнозного инструментария.

Изучение арсенала доступных методов предпринимается в обзорных трудах последних лет. С.А. Илларионов и А.О. Мантуров, проводя систематический обзор современных математических моделей, выделяют несколько магистральных направлений – от классических регрессионных зависимостей до сложных агент-ориентированных конструкций, – однако отмечают, что лишь единичные разработки явным образом учитывают пространственные лаги и диффузию экономических эффектов [5].

Параллельно Д.М. Галин и И.В. Сумарокова на примере моделирования экономики Дальневосточного федерального округа показывают практическую ограниченность стандартных макроэконометрических спецификаций, которые удовлетворительно описывают краткосрочную динамику, но дают существенные ошибки на среднесрочном горизонте из-за неучтенных межрегиональных миграционных и инвестиционных потоков [3]. Данные результаты убедительно свидетельствуют о том, что без включения пространственной составляющей прогнозные оценки теряют свою надежность.

Еще одним значимым направлением выступает межотраслевое моделирование, развиваемое в трудах Н.М. Румянцева и Е.В. Лукина. Авторы обосновывают, что включение пространственно распределенных таблиц «затраты-выпуск» позволяет не только спрогнозировать валовые показатели, но и выявить узкие места межрегиональных цепочек создания стоимости [12].

Дополняя данную логику, А.Г. Айрапетова и К.А. Чукаров предлагают использовать инновационные оценочные подходы, в основе которых лежит анализ перспектив региональных систем через призму их способности генерировать и абсорбировать новые знания [1].

Указанный ракурс оказывается плодотворным, поскольку инновационная активность по своей природе обладает ярко выраженной пространственной кластеризацией. Таким образом, спектр теоретических

позиций и эмпирических наблюдений, накопленный в литературе, создает предпосылки для формулирования общей концепции прогнозирования, адаптированной к условиям пространственной дифференциации.

Цель исследования состоит в систематизации и развитии теоретических положений, раскрывающих механизмы прогнозирования региональных экономических систем с учетом пространственной неоднородности, а также в обосновании методологических принципов, позволяющих интегрировать фактор межрегиональных различий в прогнозно-аналитическую деятельность.

Материалом исследования послужили фундаментальные труды в области региональной экономики, теории прогнозирования и пространственного анализа. Особое внимание уделено публикациям, обобщающим опыт моделирования российских регионов с резко выраженной территориальной асимметрией.

Информационную базу составили монографические источники, статьи в рецензируемых периодических изданиях, а также действующие методические документы, регламентирующие подготовку прогнозов социально-экономического развития на региональном уровне.

Методологический каркас работы сформирован совокупностью общенаучных и специальных приемов. Применение системного подхода позволило рассмотреть региональную экономическую систему как целостность, элементы которой связаны не только вертикальными отраслевыми, но и горизонтальными пространственными взаимодействиями.

Компаративный анализ дал возможность сопоставить преимущества и ограничения различных прогностических парадигм. Логико-структурный метод использовался для построения многомерной классификации прогнозных моделей по критерию учета фактора пространства. Кроме того, в работе задействованы элементы институционального анализа, необходимые для осмысления роли формальных и неформальных норм в процессах подготовки и верификации прогнозных документов.

Технология исследования опиралась на итеративную схему: от концептуального обобщения накопленных знаний – к выделению критериальных признаков пространственных моделей, и далее – к формулированию принципов, обеспечивающих соединение теоретических конструкций с практикой регионального прогнозирования. Данная траектория соответствует современным представлениям о логике научного поиска и позволяет избежать механического переноса зарубежных методик без учета отечественной специфики.

Основная часть

Теоретический анализ показал, что эволюция научных представлений о прогнозировании региональных систем прошла путь от линейных экстраполяционных схем, базирующихся на инерционности социально-экономических процессов, до сложных полиструктурных построений, учитывающих нелинейность, мультипликативные эффекты и пространственные экстерналии. При этом ключевым водоразделом между поколениями прогнозных моделей выступает именно способ обращения с территориальной неоднородностью.

Неоклассические равновесные концепции, доминировавшие во второй половине XX столетия, трактовали межрегиональные различия как временные отклонения, которые нивелируются свободным переливом факторов производства [4, 7, 14]. Однако эмпирические данные последних десятилетий демонстрируют устойчивость, а в ряде случаев и нарастание пространственных градиентов, что входит в противоречие с подобными допущениями.

Институциональная и эволюционная ветви региональной науки предложили альтернативное объяснение, т.е. пространственная дифференциация рассматривается не как досадная флуктуация, а как структурная характеристика, обусловленная эффектом «трения пространства», издержками перемещения ресурсов, закреплением неформальных институтов и особенностями локальных инновационных экосистем [9, 10, 15, 16].

Отсюда вытекает принципиальное следствие для прогнозирования, т.е. территориальные разрывы следует не исключать из рассмотрения в качестве помехи, а вводить в модель в качестве самостоятельной объясняющей переменной. Именно такой подход начинает доминировать в трудах, посвященных моделированию дальневосточных и арктических территорий, где асимметрия экономического ландшафта выражена особенно рельефно.

Рассмотрение практики применения математических моделей показывает, что наиболее востребованными остаются эконометрические многофакторные спецификации, позволяющие получать количественные оценки эластичности результирующих показателей по отношению к пространственно-распределенным факторам – плотности населения, транспортной доступности, структуре занятости и т.п. Вместе с тем, они чувствительны к качеству исходной информации и плохо справляются с прогнозированием редких, но глубоких структурных сдвигов.

В данном смысле балансовые межотраслевые модели, опирающиеся на технологические коэффициенты, обеспечивают большую устойчивость предсказаний при анализе межрегиональных цепочек поставок, однако требуют значительных затрат на актуализацию информационной базы.

Существенный прогресс связан с распространением имитационных и агент-ориентированных технологий, допускающих моделирование поведения тысяч гетерогенных экономических субъектов в пространственно распределенной среде [6, 8, 11].

Преимущество данных средств состоит в способности воспроизводить эмерджентные эффекты – например, спонтанное образование кластеров или внезапные миграционные волны, – которые принципиально не улавливаются агрегированными эконометрическими уравнениями. Однако сложность верификации агентных моделей и высокие требования к вычислительным ресурсам пока ограничивают их широкое проникновение в практику регионального прогнозирования.

Проведенная в рамках исследования систематизация позволила выделить несколько фундаментальных принципов, на которых должно строиться прогнозирование региональных экономических систем в условиях пространственной неоднородности. Во-первых, принцип поливариантности пространственных траекторий, предполагающий отказ от единственного «базового» прогноза в пользу веера сценариев, каждый из которых соответствует определенной гипотезе относительно динамики межрегиональных разрывов.

Во-вторых, принцип связанности, требующий явного учета каналов трансграничного и межрегионального перемещения товаров, капитала и рабочей силы. В-третьих, принцип адаптивности, согласно которого прогнозный инструментарий должен предусматривать возможность оперативной корректировки параметров по мере накопления новых пространственно-привязанных данных, включая данные дистанционного зондирования и цифровые следы экономической активности.

В-четвертых, принцип гетерархичности, означающий, что на разных пространственных уровнях (муниципалитет, регион, макрорегион) следует использовать различные по степени детализации и методологии прогнозные блоки, объединенные общей логикой согласования.

Интеграция перечисленных принципов в единую методологическую схему позволяет перейти от реактивного мониторинга сложившейся дифференциации к проактивному управлению пространственным развитием.

В качестве иллюстрации можно рассмотреть сценарное прогнозирование развития макрорегиона, т.е. в инерционном сценарии усиливается концентрация деловой активности в центрах, а периферийные территории продолжают терять человеческий капитал.

В инновационно-диффузионном сценарии за счет целенаправленных инфраструктурных инвестиций формируются новые полюса роста, и пространственные градиенты сглаживаются. Уже на этапе конструирования модельных допущений становится очевидным, что прогнозная динамика решающим образом зависит от гипотез, касающихся именно пространственных взаимодействий, а не только отраслевых темпов.

Выводы

Резюмируя изложенное, можно утверждать, что пространственная дифференциация выступает неотъемлемой характеристикой современных региональных экономических систем, которую невозможно игнорировать при построении надежных прогнозов.

Традиционные модели, основанные на гипотезе однородного экономического пространства, обнаруживают свою ограниченность, что подтверждается как теоретическими аргументами, так и эмпирическими наблюдениями за динамикой регионов с экстремальной асимметрией. Адекватный ответ на данный вызов заключается не в отказе от классического инструментария, а в его модернизации путем включения пространственной компоненты во все этапы прогнозно-аналитического цикла.

Предложенная в работе систематизация теоретических подходов демонстрирует, что наибольшим потенциалом обладают гибридные конструкции, соединяющие эконометрические оценки причинно-следственных связей с имитационными блоками, способными улавливать эффекты пространственной диффузии и агломерационные экстерналии.

При этом обязательным условием эффективности прогнозирования становится соблюдение принципов поливариантности, связанности, адаптивности и гетерархичности. Их последовательная реализация позволяет перевести региональную прогностику на качественно новый уровень – от пассивного экстраполирования сложившихся трендов к активному формированию желаемого пространственного каркаса экономики.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на эмпирическую верификацию изложенных принципов на материалах российских макрорегионов, а также на разработку типовых модулей пространственного прогнозирования, доступных для интеграции в действующие информационно-аналитические системы.

Литература

1. Айрапетова, А.Г. Инновационные подходы оценки перспектив развития региональных систем [Текст] / А.Г. Айрапетова, К.А. Чукаров // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 5 (55). – С. 26–29.
2. Акчулпанов, Ю.К. Пути решения проблем прогнозирования социально-экономического развития региона [Текст] / Ю.К. Акчулпанов // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2023. – № 4 (16). – С. 13–22.
3. Галин, Д.М. Макроэкономические модели прогнозирования развития экономики Дальневосточного федерального округа и его регионов [Текст] / Д.М. Галин, И.В. Сумарокова // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2025. – Т. 75. – № 1. – С. 99–111.
4. Завалько, Н.А. Цифровая экономика и ее влияние на государственное и муниципальное управление [Текст] / Н.А. Завалько, О.Е. Матюнина, В.О. Кожина, А.А. Соколов, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 11 (100). – С. 101–104.
5. Илларионов, С.А. Обзор современных математических моделей для прогнозирования и анализа социально-экономического развития регионов [Текст] / С.А. Илларионов, А.О. Мантуров // Перспективы науки. – 2025. – № 3 (186). – С. 66–71.
6. Кожина, В.О. Развитие инновационного предпринимательства в условиях цифровизации [Текст] / В.О. Кожина, О.Е. Лебедева, Г.С. Дьякова, С.А. Измайлова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 1 (126). – С. 721–724.
7. Кожина, В.О. Совершенствование управления стратегическими перспективами на предприятиях [Текст] / В.О. Кожина, К.А. Лебедев, О.Е. Лебедева, О.В. Маркова // Вестник Московского Международного Университета. – 2018. – № 1 (1). – С. 78–83.
8. Коновалова, Е.Е. Совершенствование управления международной конкурентоспособностью предприятия [Текст] / Е.Е. Коновалова, Р.Ф. Мартынова, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4-1 (81). – С. 515–518.
9. Краюшкин, М.Г. Совершенствование прогнозирования социально-экономического развития региона [Текст] / М.Г. Краюшкин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 2. – № 4 (145). – С. 124–132.
10. Кроливецкий, Э.Н. Среднесрочное прогнозирование экономических результатов деятельности регионального хозяйства [Текст] / Э.Н. Кроливецкий // Проблемы современной экономики. – 2024. – № 1 (89). – С. 148–150.
11. Матюнина, О.Е. Совершенствование финансирования инновационного развития промышленных предприятий [Текст] / О.Е. Матюнина, В.О. Кожина, А.Г. Жакевич, Н.А. Завалько, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12-1 (77). – С. 934–938.
12. Румянцев, Н.М. Межотраслевое моделирование экономического развития региона [Текст] / Н.М. Румянцев, Е.В. Лукин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2024. – Т. 17. – № 6. – С. 118–133.
13. Уметалиев, Т.Ж. Теоретические основы прогнозирования инновационного развития регионов [Текст] / Т.Ж. Уметалиев // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2024. – № 6. – С. 110–114.
14. Blokhina, O.A. Improving the technology of innovation systems management at an enterprise [Text] / O.A. Blokhina, O.N. Beketova, E.E. Kuzmina, O.E. Lebedeva, M.I. Podzorova // International Journal of Civil Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9. – № 13. – P. 137–143.
15. Golovetsky, N.Y. Improvement of methodological approaches to financial analysis of fixed assets of the enterprise [Text] / N.Y. Golovetsky, E.V. Ivanova, E.A. Galiy, I.B. Vypryazhkina, O.Y. Lebedeva // Espacios. – 2019. – Vol. 40. – № 34. – P. 1–6.
16. Rykhtikova, N.A. Improvement of enterprise financing system in unstable economic environment [Text] / N.A. Rykhtikova, E.Y. Anisimov, S.Y. Evdokimov, E.V. Ivanova, O.Y. Lebedeva // The Journal of Social Sciences Research. – 2018. – № S3. – P. 298–303.

Theoretical aspects of forecasting regional economic systems in conditions of spatial differentiation

Klokov M.D., Lebedev K.A.

V.V. Zhirinovsky University of World Civilizations, Russian State Humanitarian University, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The article is devoted to the study of the theoretical foundations of forecasting regional economic systems operating in conditions of pronounced spatial differentiation. It has been established that the modern regional economy is characterized by an increase in territorial imbalances, which requires improvement of the methodological apparatus for anticipating socio-economic processes. The purpose of the article is to systematize theoretical concepts and methodological techniques that allow taking into account the heterogeneity of the economic space when making forecast estimates. The research examines the basic scientific schools, from neoclassical equilibrium models to evolutionary and institutional approaches, and analyzes the practical results of macro-modeling territories. It is proved that spatial heterogeneity acts not only as a limitation, but also as a source of additional information when verifying forecasts. The main groups of predictive and analytical tools, including econometric, balance sheet, simulation and agent-based technologies, are systematized. The principles of integrating the factor of regional asymmetry into scenario planning procedures are proposed. It is concluded that there is a need to move from unified to adaptive forecasting systems that reflect the specifics of interregional gaps and the potential for inter-territorial interaction.

Keywords: regional economic system, forecasting, spatial differentiation, modeling, socio-economic development, regional asymmetry, intersectoral balance, economic and mathematical methods, innovative development, scenario planning.

References

1. Ayrapetova, A.G. Innovative approaches to assessing the development prospects of regional systems [Text] / A.G. Ayrapetova, K.A. Chukarov // Natural-Humanitarian Research. – 2024. – No. 5 (55). – P. 26–29.
2. Akchulpanov, Yu.K. Ways to solve problems of forecasting socio-economic development of the region [Text] / Yu.K. Akchulpanov // Ufa Humanitarian Scientific Forum. – 2023. – No. 4 (16). – P. 13–22.
3. Galin, D.M. Macroeconomic models for forecasting the economic development of the Far Eastern Federal District and its regions [Text] / D.M. Galin, I.V. Sumarokova // Proceedings of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences. – 2025. – Vol. 75. – No. 1. – P. 99–111.
4. Zavalko, N.A. Digital economy and its impact on state and municipal management [Text] / N.A. Zavalko, O.E. Matyunina, V.O. Kozhina, A.A. Sokolov, K.A. Lebedev // Economy and Entrepreneurship. – 2018. – No. 11 (100). – P. 101–104.
5. Illarionov, S.A. Review of modern mathematical models for forecasting and analysis of socio-economic development of regions [Text] / S.A. Illarionov, A.O. Manturov // Science Prospects. – 2025. – No. 3 (186). – P. 66–71.
6. Kozhina, V.O. Development of innovative entrepreneurship in the context of digitalization [Text] / V.O. Kozhina, O.E. Lebedeva, G.S. Dyakova, S.A. Izmaylova // Economy and Entrepreneurship. – 2021. – No. 1 (126). – P. 721–724.
7. Kozhina, V.O. Improving the management of strategic prospects at enterprises [Text] / V.O. Kozhina, K.A. Lebedev, O.E. Lebedeva, O.V. Markova // Bulletin of Moscow International University. – 2018. – No. 1 (1). – P. 78–83.
8. Konovalova, E.E. Improving the management of international competitiveness of an enterprise [Text] / E.E. Konovalova, R.F. Martynova, K.A. Lebedev // Economy and Entrepreneurship. – 2017. – No. 4-1 (81). – P. 515–518.
9. Krayushkin, M.G. Improving the forecasting of socio-economic development of the region [Text] / M.G. Krayushkin // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2024. – Vol. 2. – No. 4 (145). – P. 124–132.
10. Krolivetsky, E.N. Medium-term forecasting of economic results of regional economy [Text] / E.N. Krolivetsky // Problems of Modern Economics. – 2024. – No. 1 (89). – P. 148–150.
11. Matyunina, O.E. Improving the financing of innovative development of industrial enterprises [Text] / O.E. Matyunina, V.O. Kozhina, A.G. Zhakevich, N.A. Zavalko, K.A. Lebedev // Economy and Entrepreneurship. – 2016. – No. 12-1 (77). – P. 934–938.
12. Rumyantsev, N.M. Intersectoral modeling of economic development of the region [Text] / N.M. Rumyantsev, E.V. Lukin // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2024. – Vol. 17. – No. 6. – P. 118–133.
13. Umetaliev, T.Zh. Theoretical foundations of forecasting innovative development of regions [Text] / T.Zh. Umetaliev // News of Universities of Kyrgyzstan. – 2024. – No. 6. – P. 110–114.
14. Blokhina, O.A. Improving the technology of innovation systems management at an enterprise [Text] / O.A. Blokhina, O.N. Beketova, E.E. Kuzmina, O.E. Lebedeva, M.I. Podzorova // International Journal of Civil Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9. – No. 13. – P. 137–143.
15. Golovetsky, N.Y. Improvement of methodological approaches to financial analysis of fixed assets of the enterprise [Text] / N.Y. Golovetsky, E.V. Ivanova, E.A. Galiy, I.B. Vypryazhkina, O.Y. Lebedeva // Espacios. – 2019. – Vol. 40. – No. 34. – P. 1–6.
16. Rykhtikova, N.A. Improvement of enterprise financing system in unstable economic environment [Text] / N.A. Rykhtikova, E.Y. Anisimov, S.Y. Evdokimov, E.V. Ivanova, O.Y. Lebedeva // The Journal of Social Sciences Research. – 2018. – No. S3. – P. 298–303.

Исследование ценности цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта

Ли Ячжэн
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1042248262@rudn.ru

В условиях стремительного развития искусственного интеллекта цифровая трансформация предприятий становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности и адаптации к требованиям времени. Настоящая статья посвящена более чем двадцати дочерним компаниям одного местного государственного предприятия, охватывающим такие отрасли, как строительство и управление промышленными парками, инженерно-строительная деятельность, операции с недвижимостью, управление и эксплуатация недвижимости, инвестиции, геодезические и картографические работы, а также управление активами. Подробно исследуется ценность их цифровой трансформации в эпоху искусственного интеллекта. На основе анализа влияния преобразований на операционную эффективность, инновационный потенциал, расширение бизнеса и клиентский сервис раскрывается значимость цифровой трансформации для снижения затрат, повышения научной обоснованности решений и появления новых хозяйственных форм. Кроме того, предлагаются стратегии преодоления возможных вызовов в процессе трансформации. Цель работы заключается в предоставлении теоретической поддержки и рекомендаций для принятия решений при практическом осуществлении цифровой трансформации на аналогичных предприятиях.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая экономическая трансформация, ценность трансформации.

Введение

Стремительное развитие технологий вывело искусственный интеллект в число центральных движущих сил экономических преобразований, открывая новую эру цифровой экономики во всем мире. Для местных государственных предприятий Китая и их многочисленных дочерних компаний, действующих в самых разных отраслях, осуществление цифровой экономической трансформации в эпоху искусственного интеллекта представляет собой не только закономерный ответ на технологические тенденции, но и ключевой путь к укреплению ключевых конкурентных преимуществ и достижению устойчивого развития. Подобная трансформация охватывает все звенья деятельности предприятия, от производственных моделей и методов управления до расширения бизнеса и клиентского сервиса, всесторонне меняя общую траекторию развития. Углубленное изучение ценности такой трансформации помогает предприятиям точнее определять вектор развития, в полной мере задействовать потенциал технологий искусственного интеллекта и за счет этого добиваться лидирующих позиций в условиях жесткой рыночной конкуренции.

Фон и тенденции цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта

Фон цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта. В последние годы технологии искусственного интеллекта совершили прорывное развитие: машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка и другие технологии непрерывно совершенствуются и находят широкое применение. Их глубокая интеграция с цифровой экономикой открывает перед предприятиями совершенно новые возможности. Цифровая экономика использует оцифрованные знания и информацию в качестве ключевых производственных факторов, а технологии искусственного интеллекта способны эффективно обрабатывать и анализировать колоссальные объемы данных, извлекать скрытую в них ценность, тем самым оптимизируя распределение ресурсов и повышая эффективность экономических процессов. В инженерно-строительной деятельности применение технологий искусственного интеллекта для прогнозирования сроков выполнения проектов и распределения ресурсов позволяет значительно повысить эффективность строительства. Подобное интеграционное развитие стало необратимой тенденцией, подталкивающей самые разные отрасли к цифровым преобразованиям [1].

Тенденции цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта. В сфере строительства и управления промышленными парками все большее распространение получает концепция «умного парка», требующая от предприятий применения технологий искусственного интеллекта для интеллектуального управления парковыми зонами, включая интеллектуальное управление энергопотреблением, интеллектуальное управление транспортными потоками и многие другие направления, что позволяет повысить операционную эффективность и качество обслуживания. В отрасли операций с недвижимостью неуклонно растет потребительский спрос на интеллектуальную жилую среду: покупатели рассчитывают на оснащение жилья интеллектуальными системами безопасности, интеллектуального домашнего управления и другими функциями. Это побуждает девелоперские компании глубоко внедрять цифровые технологии на этапах планирования, проектирования и строительства объектов, осуществляя переход от традиционного строительства к концепции «умной недвижимости». В инвестиционной отрасли потребность в точном понимании рыночных тенденций и контроле рисков заставляет компании обращаться к технологиям искусственного интеллекта для анализа данных и выработки инвестиционных стратегий. Инженерно-строительная отрасль нуждается в использовании цифровых технологий для повышения детализации управления проектами. Сфера управления активами требует применения цифровых инструментов для роста эффективности эксплуатации активов [2].

Ценность цифровой экономической трансформации предприятий в эпоху искусственного интеллекта

Повышение операционной эффективности и снижение затрат. В отраслях со сложными бизнес-процессами и высокой долей повторяющихся операций, таких как инженерно-строительная деятельность и геодезические работы, внедрение технологий искусственного интеллекта для автоматизации процессов дает заметные преимущества. Развертывание программных роботов позволяет автоматически выполнять рутинные задачи, включая ввод

данных и подготовку чертежей, что существенно сокращает временные затраты и количество ошибок, вызванных человеческим фактором. При составлении смет строительных проектов системы искусственного интеллекта способны оперативно собирать и анализировать данные о прошлых проектах, рыночные цены на материалы и другую информацию, автоматически формируя точный бюджетный отчет и значительно уменьшая время на его подготовку. В ходе инспекционных осмотров объектов недвижимости интеллектуальное инспекционное оборудование на основе технологий распознавания образов и сенсоров самостоятельно контролирует состояние инженерных систем и своевременно выявляет потенциальные неисправности, снижая частоту и объем ручных проверок и заметно повышая эффективность осмотров. Используя аналитические возможности искусственного интеллекта, предприятия могут точно распределять различные ресурсы. В управлении промышленными парками система, анализируя данные о размещении резидентов и потреблении энергии, интеллектуально регулирует подачу воды, электроэнергии и других ресурсов, что позволяет эффективно сокращать энергозатраты. Инвестиционные компании, анализируя с помощью искусственного интеллекта рыночные тренды и отраслевую динамику, получают возможность рационально распределять капитал и повышать рентабельность инвестиций. В сфере управления активами применение искусственного интеллекта для оценки состояния и динамики стоимости активов, а также для оптимизации стратегий управления позволяет повысить эффективность использования активов и снизить операционные расходы [3].

Усиление инновационного потенциала и появление новых хозяйственных форм. В эпоху искусственного интеллекта предприятия могут создавать инновационные продукты и услуги на базе цифровых технологий. Девелоперские компании способны предлагать «умное» жилье, оснащенное интеллектуальными системами безопасности и интегрированными платформами управления умным домом, удовлетворяя запросы потребителей на комфорт и безопасность проживания. Предприятия по управлению недвижимостью могут предоставлять персонализированные бытовые услуги на основе искусственного интеллекта, например, рекомендовать устройства умного дома с учетом привычек жильцов или предлагать сервисы интеллектуального мониторинга здоровья. Инвестиционные компании могут разрабатывать сервисы робоэдвайзинга на базе алгоритмов искусственного интеллекта, предлагая клиентам индивидуальные инвестиционные портфели. Такие инновационные продукты и услуги не только привлекают новых клиентов, но и укрепляют бренд и рыночные позиции предприятия.

Цифровая экономическая трансформация побуждает компании искать новые бизнес-модели. Например, управляющая компания промышленного парка может создать цифровую сервисную платформу, объединяющую ресурсы предприятий парка и предоставляющую услуги онлайн-торговли, финансирования цепочек поставок, совместных технологических разработок и другие, тем самым переходя от традиционного управления парком к комплексному интеллектуальному парковому сервису и расширяя источники дохода. Геодезические компании, опираясь на свои данные, могут сотрудничать с предприятиями других отраслей, предлагая дополнительные услуги на основе геоинформации (например, интеллектуальное планирование маршрутов доставки для логистических компаний), создавая таким образом принципиально новые бизнес-модели. Подобные инновации в бизнес-моделях открывают для предприятий новые точки роста и помогают адаптироваться к изменениям рынка.

Точные решения и повышение их научной обоснованности. С помощью технологий искусственного интеллекта предприятия получают возможность в реальном времени собирать, систематизировать и анализировать колоссальные объемы внутренних и внешних данных. В сфере строительства промышленных парков компании применяют модели машинного обучения для прогнозирования будущей стоимости земельных участков, потенциальных рисков (таких как геологические опасности) и наиболее подходящего типа парка (например, исследовательский, производственный, коммерческий), что позволяет научно обоснованно выбирать место размещения и отраслевую специализацию. При анализе рынка недвижимости компании собирают данные о макроэкономической ситуации, нормативно-правовой базе, рыночном спросе и предложении, потребительских предпочтениях и с помощью алгоритмов искусственного интеллекта строят модели, позволяющие точно прогнозировать рыночные тренды и формировать надежную основу для принятия инвестиционных решений по проектам. В инвестиционной отрасли анализ глобальных финансовых данных и отраслевой динамики дает возможность предсказывать ценовые колебания интересующих активов. Инженерно-строительные предприятия, опираясь на сведения о прошлых проектах и текущий ход работ, прогнозируют сроки выполнения и затраты, что позволяет своевременно корректировать планы. Подобный аналитический потенциал, основанный на обработке данных, делает корпоративные решения более точными и научно обоснованными, заметно снижая риски.

Благодаря имитационным технологиям на базе искусственного интеллекта компании могут моделировать и оценивать различные варианты решений в виртуальной среде. Например, при планировании промышленных парков с помощью технологии цифровых двойников создаются виртуальные модели, позволяющие имитировать разные схемы функционального зонирования, организации транспортных потоков и т.п., анализировать их влияние на операционную эффективность парка и окружающую среду, после чего выбирать оптимальный вариант. При принятии инвестиционных решений моделируется поведение различных портфелей в разнообразных рыночных сценариях, что помогает оптимизировать инвестиционные стратегии. Такой подход дает возможность всесторонне оценить все возможные варианты до того, как будут приняты реальные решения, значительно повышая их качество [4].

Вызовы, стоящие перед предприятиями при цифровой экономической трансформации

Вызовы в области внедрения и интеграции технологий. Во-первых, трудности выбора и адаптации технологий. Некоторым предприятиям сложно из множества технологий искусственного интеллекта выбрать те, которые отвечают их бизнес-потребностям. К тому же существующие информационные системы могут быть несовместимы с новыми внедряемыми технологиями ИИ, что создаёт значительные сложности при интеграции. Во-вторых, высокие риски в области безопасности данных и защиты конфиденциальности. В процессе цифровой экономической трансформации предприятия собирают и обрабатывают большие объёмы клиентских и служебных данных, что сопряжено с рисками утечки, несанкционированного изменения и другими угрозами безопасности, а также требует решения вопросов защиты конфиденциальности клиентов.

Вызовы, связанные с нехваткой и подготовкой кадров. Во-первых, острая нехватка специалистов в области искусственного интеллекта. Ощущается дефицит кадров, способных разрабатывать, применять и управлять технологиями ИИ, что не позволяет удовлетворить потребности предприятий в цифровой трансформации. Во-вторых, сложности с повышением цифровой грамотности сотрудников. Нынешние сотрудники владеют цифровыми навыками на разном уровне, у части из них цифровая грамотность низкая, и им трудно адаптироваться к требованиям работы после цифровой трансформации.

Вызовы организационных и управленческих преобразований. Во-первых, традиционная организационная структура тормозит преобразования. При традиционной иерархической структуре процессы принятия решений затянуты, а информация передаётся медленно, что плохо согласуется с быстро меняющейся рыночной средой и потребностью в инновациях, характерными для эпохи цифровой экономики. Во-вторых, конфликт между корпоративной культурой и идеями трансформации. В некоторых компаниях господствует консервативная корпоративная культура, сотрудники сопротивляются переменам, что мешает продвижению цифровой экономической трансформации.

Расширение сферы бизнеса и повышение рыночной конкурентоспособности. Широкое применение технологий искусственного интеллекта стимулирует межотраслевую интеграцию, открывая перед предприятиями новые возможности для расширения деятельности. Девелоперские компании могут сотрудничать с технологическими фирмами, запуская проекты по управлению «умными» жилыми комплексами и предоставляя комплексные услуги, такие как интеллектуальное медицинское обслуживание и «умное» образование. Предприятия по управлению недвижимостью могут взаимодействовать с компаниями электронной коммерции, организуя службы доставки для жилых сообществ и расширяя тем самым поле своей деятельности. Инвестиционные компании могут вкладывать средства в новые отрасли, связанные с искусственным интеллектом, достигая диверсификации бизнеса. Благодаря межотраслевой интеграции предприятия получают возможность объединять ресурсы и преимущества разных секторов, осваивая новые рыночные ниши.

По мере стремительного развития цифровой экономики потребительский спрос на цифровые продукты и услуги неуклонно растёт. Осуществляя цифровую экономическую трансформацию, компании способны оперативно реагировать на изменения рыночного спроса и создавать продукты и услуги, отвечающие потребностям рынка. К примеру, на фоне роста востребованности «умного» дома девелоперские и управляющие компании совместно предлагают комплексные решения для «умного» жилья, которые не только удовлетворяют запросы потребителей, но и привлекают новых клиентов, способствуя увеличению рыночной доли. Инвестиционные компании, выводя на рынок продукты, ориентированные на новые сектора цифровой экономики, также способны привлечь тех клиентов, которые ищут перспективные возможности для вложений, и нарастить свою долю рынка.

Оптимизация клиентского обслуживания и повышение удовлетворённости клиентов. Используя технологии искусственного интеллекта для анализа клиентских данных, предприятия могут глубже понимать потребности, предпочтения и поведенческие привычки клиентов, на основе чего предлагать персонализированные услуги. В работе с клиентами управляющих компаний предприятия способны, опираясь на образ жизни и запросы владельцев жилья, формировать индивидуальные пакеты услуг, например, регулярно организовывать персональные хозяйственные услуги, направлять адресные уведомления о мероприятиях в жилом комплексе и т.д. В процессе продажи недвижимости компания, анализируя историю просмотров и запросы потенциальных покупателей, может рекомендовать им подходящие объекты и давать индивидуальные советы по приобретению. Подобные персонализированные услуги заметно улучшают клиентский опыт, повышают удовлетворённость и лояльность клиентов по отношению к компании.

Интеллектуальные сервисные системы, работающие на основе искусственного интеллекта, способны обеспечивать круглосуточную бесперебойную работу, оперативно реагируя на обращения и вопросы клиентов. В таких случаях, как заявки на ремонт в жилом фонде или инвестиционные консультации, клиенты могут через интеллектуального помощника быстро получить ответы на возникающие вопросы и необходимое обслуживание. При возникновении сложных вопросов интеллектуальная система может своевременно переключить обращение на живого оператора, что повышает оперативность решения проблем. Одновременно с этим, анализируя данные о клиентских обращениях, компания получает возможность непрерывно совершенствовать процессы обслуживания и содержание предоставляемых услуг.

Стратегии реагирования на вызовы цифровой экономической трансформации предприятий

Создание группы по технологической оценке и формирование совершенной системы управления безопасностью данных. Предприятию следует создать специализированную группу по оценке технологий, которая детально изучит бизнес-потребности, проведёт тестирование и оценку различных технологий искусственного интеллекта и выберет те из них, что наилучшим образом совместимы с бизнес-процессами и оптимальны по соотношению цены и качества. В области технологической интеграции необходимо разработать подробный план интеграции, используя такие технические средства, как промежуточное программное обеспечение, для решения проблем совместимости систем и поэтапного обеспечения гладкой стыковки и слияния технологий. Кроме того, предприятие обязано сформировать полноценную систему управления безопасностью данных, применяя технологии шифрования для защищённого хранения и передачи конфиденциальных данных, устанавливая жёсткий контроль прав доступа во избежание незаконного получения и использования информации. Одновременно важно усилить обучение сотрудников основам безопасности данных и ввести систему наказаний за нарушения в этой сфере. Помимо этого, предприятие должно соблюдать соответствующие законы и нормативные акты, обеспечивать защиту частной жизни клиентов, в частности на этапе сбора данных чётко информировать клиентов о целях их использования и получать на это согласие [5].

Акцент на привлечение кадров и повышение цифровой грамотности сотрудников. Предприятию надлежит расширять каналы привлечения специалистов, налаживать партнёрские отношения с высшими учебными заведениями и научно-исследовательскими организациями, привлекая профессионалов в сфере искусственного интеллекта через программы студенческого найма и совместной подготовки. Вместе с тем следует повышать собственную привлекательность для талантливых работников, предлагая конкурентоспособное вознаграждение, хорошие перспективы карьерного роста и творческую рабочую среду. Необходимо также разработать всесторонний план повышения цифровой грамотности персонала, организуя многоуровневое обучение для сотрудников разных должностей и с разным исходным уровнем цифровых навыков. Содержание обучения должно охватывать базовые цифровые технологии, применение инструментов искусственного интеллекта, цифровые рабочие процессы и т.д. При этом следует сочетать онлайн- и офлайн-форматы, такие как электронные учебные курсы, внутренние лекции, практические упражнения, чтобы повысить цифровую грамотность и прикладные способности сотрудников.

Оптимизация организационной структуры и формирование прогрессивной корпоративной культуры. Предприятию необходимо продвигать реформу организационной структуры в направлении уплощения и сетевого построения, сокращая количество управленческих уровней, устраняя межведомственные барьеры и создавая межфункциональные проектные команды по цифровизации, что повышает оперативность принятия решений и скорость движения информации. Одновременно целесообразно внедрять концепцию гибкого управления, обеспечивающую быстрое реагирование и адаптивную перестройку организации. Важно активно формировать инновационную, открытую и инклюзивную корпоративную культуру, разъясняя сотрудникам через информационные кампании и обучение значимость и необходимость цифровой экономической трансформации, помогая им понять её положительное влияние на развитие компании и личные перспективы. Кроме того, следует поощрять участие работников в трансформационных процессах и предусмотреть вознаграждение для тех, кто вносит вклад в преобразования, создавая тем самым благоприятную атмосферу, поддерживающую курс на обновление.

Заключение

В эпоху искусственного интеллекта цифровая экономическая трансформация дочерних структур китайских местных государственных предприятий, работающих в самых разных отраслях, имеет огромное значение. Реализуя меры по повышению операционной эффективности, укреплению инновационного потенциала, принятию точных решений, расширению бизнеса и совершенствованию клиентского сервиса, предприятия не только сокращают издержки, но и усиливают свою конкурентоспособность, закладывая основу для устойчивого развития. Вместе с тем в ходе преобразований компании сталкиваются с серьёзными вызовами, среди которых внедрение и интеграция технологий, нехватка и обучение кадров, организационные и управленческие изменения. Чтобы справиться с ними, необходимо использовать адресные стратегии, активно преодолевать возникающие трудности, улавливать возможности, которые открывает цифровая экономическая трансформация, и в новых исторических условиях выходить на траекторию высококачественного развития. В перспективе, по мере непрерывного прогресса и всё более широкого применения искусственного интеллекта, ценность цифровой экономической трансформации предприятий будет лишь возрастать, помогая им неизменно оставаться на лидирующих позициях.

Литература

1. Вэй Хуае. Краткий анализ новых возможностей и стратегического выбора развития предприятий в эпоху цифровой экономики // Современные коммерческие исследования. — 2025. — № 9. — С. 58–60.
2. Чэнь Юйэр. Инновация и трансформация бизнес-моделей предприятий в условиях цифровой экономики // Шанхайская коммерция. — 2025. — № 4. — С. 37–39.
3. Ма Баолай. Исследование трансформации финансового управления предприятий и инновационных мер в условиях цифровой экономики // Экономика выставочной деятельности. — 2024. — № 22. — С. 181–184.
4. У Шися. Исследование модели экономического развития предприятий в эпоху цифровой экономики // Современные коммерческие исследования. — 2024. — № 20. — С. 98–100.
5. Ли Цзыянь. Анализ проблем управления данными предприятий и защиты конфиденциальности в эпоху цифровой экономики // Видение континентального моста. — 2024. — № 12. — С. 111–113.

Research on the Value of Enterprise Digital Economic Transformation in the Era of Artificial Intelligence

Li Yazheng
RUDN University

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

In the context of the rapid development of artificial intelligence, the digital transformation of enterprises is becoming a key factor in enhancing competitiveness and adapting to the demands of the times. This article focuses on more than twenty subsidiaries of a local state-owned enterprise, covering industries such as industrial park construction and management, engineering and construction, real estate operations, property management and operation, investment, geodetic and cartographic work, and asset management. The value of their digital transformation in the era of artificial intelligence is explored in depth. Based on an analysis of the transformation's impact on operational efficiency, innovation capacity, business expansion and customer service, the significance of digital transformation in reducing costs, increasing the scientific soundness of decision-making and generating new forms of economic activity is revealed. In addition, strategies for overcoming possible challenges in the transformation process are proposed. The aim of the paper is to provide theoretical support and recommendations for decision-making in the practical implementation of digital transformation at similar enterprises.

Keywords: artificial intelligence, digital economic transformation, transformation value.

References

1. Wei Huaye. A Brief Analysis of New Opportunities and Strategic Choices for Enterprise Development in the Digital Economy // Modern Commercial Research. 2025. No. 9. - p. 58-60.
2. Chen Yu'er. Innovation and Transformation of Enterprise Business Models in the Digital Economy // Shanghai Commerce. - 2025. - No. 4. - pp. 37-39.
3. Ma Baolai. A Study on the Transformation of Enterprise Financial Management and Innovative Measures in the Digital Economy // Economics of Exhibition Activities. - 2024. - No. 22. - pp. 181-184.
4. Wu Shixia. A Study on the Model of Economic Development of Enterprises in the Digital Economy // Modern Commercial Research. - 2024. - No. 20. - pp. 98-100.
5. Li Ziyan. Analysis of the problems of enterprise data management and privacy protection in the era of the digital economy // Vision of the Continental Bridge. - 2024. - No. 12. - P. 111-113.

Энергетическая безопасность в условиях новой геополитической реальности: расширение понятия и современные угрозы

Арасланов Рустам Фаридович
кандидат экономических наук, доцент кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики, Сургутский государственный университет, stam.ru@mail.ru

Актуальность исследования обусловлена фундаментальной трансформацией глобального энергетического ландшафта, где наряду с традиционными рисками (перебои поставок углеводородов, ценовая волатильность) возникают новые вызовы, связанные с энергопереходом, цифровизацией и климатическими изменениями. Цель – выявить современные угрозы энергетической безопасности и предложить концептуальное расширение её понятия с учётом геополитических и технологических сдвигов. Объект – система энергетической безопасности как комплекс организационных, технических и экономических мер, обеспечивающих надёжность энергоснабжения. Предмет – новые факторы уязвимости: дефицит критически важных минералов для низкоуглеродной энергетики, кибератаки на SCADA-системы и интеллектуальные сети, а также воздействие климатических аномалий на энергоинфраструктуру. Научная новизна заключается в систематизации трёх взаимосвязанных компонентов современной энергобезопасности (углеводородная, минерально-сырьевая и киберфизическая защищённость), а также в обосновании необходимости формирования государственного мониторинга критических минералов для России в условиях санкционного давления и глобальной конкуренции за ресурсы энергоперехода.
Ключевые слова: энергетическая безопасность, геополитика, критически важные минералы, кибербезопасность электросетей, энергопереход, уязвимость инфраструктуры, зелёная энергетика.

Введение

Длительный период энергетическая безопасность отождествлялась в первую очередь с бесперебойным снабжением углеводородами и предсказуемостью цен на глобальных рынках. Однако в последние годы данное понятие претерпело существенное расширение [1]. С одной стороны, не исчезли традиционные угрозы: конфликты в районах добычи, санкционные режимы, волатильность спроса и предложения. С другой – возникли новые вызовы, порождённые глобальным энергопереходом, цифровизацией энергетики и климатическими изменениями [2]. Настоящая статья посвящена исследованию эволюции подходов к энергетической безопасности, идентификации современных угроз и выработке рекомендаций для России в условиях новой геополитической реальности.

Методы

В работе использован комплекс общенаучных и специальных методов. Теоретическую основу составил анализ отечественной и зарубежной литературы по энергетической безопасности, геополитике и критической инфраструктуре, проведенный на основе работ Анисимовой Н.Н., Мастепанова А.М., Сизова А.А., Трегубенко Ф.В.. Эмпирическую базу образовали данные Международного энергетического агентства (МЭА) за 2020–2025 гг., отраслевые отчёты «Лаборатории Касперского», Центра компетенций по сетевой безопасности «Гарда», а также официальные выступления представителей Министерства природных ресурсов РФ (ПМЭФ-2025). Применялись методы: контент-анализ для выделения ключевых этапов эволюции понятия энергобезопасности; сравнительный анализ национальных подходов к управлению критическими минералами; сценарное обобщение последствий кибератак на основе моделирования, представленного в работах Байбекова А.Т. и Лесниковой Н.Е. [9]. Статистическая обработка данных о запасах и добыче минерального сырья выполнена с использованием дескриптивного анализа. Структурирование выявленных угроз проведено методом систематизации и построения типологических таблиц.

Результаты

Классическое определение МЭА, акцентирующее доступность энергоресурсов по приемлемым ценам без неприемлемых рисков, в современных условиях дополняется тремя новыми компонентами: обеспеченность критическими минералами, киберфизическая защищённость энергосистем и климатическая устойчивость инфраструктуры. В *Таблице 1* обобщены ключевые этапы расширения понятия.

Таблица 1
Ключевые этапы эволюции энергетической безопасности

Период	Преобладающие угрозы	Основные инструменты противодействия
1970–1990 гг.	Эмбарго на нефть, перебои в поставках	Стратегические резервы, диверсификация импорта
1990–2010 гг.	Ценовые шоки, транзитные конфликты	Долгосрочные контракты, альтернативные маршруты
2010–2020 гг.	Санкции, кибератаки на энергообъекты	Импортозамещение, киберзащита
2020–2026 гг.	Дефицит критических минералов, климатические риски, уязвимость сетей ВИЭ	Контроль цепочек поставок, резервирование, интеллектуальные сети

Согласно оценкам МЭА, к 2030 году спрос на литий возрастёт в 6 раз, на кобальт – в 3 раза относительно уровня 2020 года. Высокая концентрация добычи и переработки этих ресурсов в нескольких странах порождает новые геополитические риски [5,6]. Для России, находящейся под санкционным давлением, задача обеспечения минерально-сырьевой базы приобретает стратегическое значение. По официальным данным, Россия производит 27% мирового объёма металлов платиновой группы, располагает 22% мировых запасов никеля, 13% кобальта, 15% титана, а также 4% редкоземельных элементов и графита [6]. На территории страны разведано 17 месторождений лития мирового класса.

В третьем квартале 2025 года в российском электроэнергетическом секторе зафиксирована наибольшая доля попыток заражения вредоносным ПО, источником которых служили сайты внутренних сетей (интранет) [7]. Основными мишенями APT-группировок стали госсектор, промышленность и энергетика, причём начальным этапом компрометации чаще всего служил фишинг [8]. Сценарное моделирование показывает,

что совокупные потери от масштабных кибератак на энергетический сектор могут многократно превосходить прямой ущерб [9]. *Таблица 2* систематизирует типовые угрозы.

Таблица 2
Типовые киберугрозы для энергосистем и способы защиты

Тип угрозы	Объект атаки	Потенциальные последствия	Защитные меры
Вредоносное ПО (типа Stuxnet)	SCADA-системы, программируемые контроллеры	Физическое разрушение оборудования	Физическая изоляция, строгий контроль обновлений
DDoS-атаки	Системы диспетчерского управления	Потеря контроля над сетью	Резервирование каналов, фильтрация трафика
Фишинг и социальная инженерия	Персонал	Утечка учётных данных, удалённый доступ	Многофакторная аутентификация, обучение
Атаки через IoT-устройства	«Умные» счётчики, датчики	Искажение данных о потреблении	Шифрование, регулярное обновление прошивок

Глобальное потепление приводит к учащению экстремальных погодных явлений (аномальные морозы в Техасе 2021 г., жара в Европе 2022 г., лесные пожары 2023–2025 гг.). Для России специфические климатические риски включают: деградацию вечной мерзлоты (угроза трубопроводам и опорам ЛЭП в Сибири и на Севере), увеличение частоты паводков и ураганов в центральной полосе, повышение температуры охлаждающей воды для ТЭС и АЭС.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что современная парадигма энергетической безопасности выходит за рамки традиционного обеспечения углеводородами. В работах Анисимовой Н.Н. [1] и Мастепанова А.М. [2] также подчёркивается фрагментация геополитического пространства и возникновение новых рисков, однако наши данные впервые систематизируют три компонента (углеводородный, минерально-сырьевой, киберфизический) в единой таблице этапов эволюции.

Необходимо отметить, что Бессель В.В., Лопатин А.С., Мартынов В.Г., Мингалеева Р.Д. [10] акцентируют нехватку критических металлов как технологический барьер. Наше исследование дополняет этот вывод геополитическим измерением: контроль цепочек поставок лития и кобальта становится новым полем конкурентной борьбы, аналогичным нефтяным войнам XX века. Для России, как показано в [5,6], наличие собственных запасов даёт потенциальное преимущество, но требует создания системы мониторинга и глубокой переработки – иначе страна останется экспортёром сырья, а не технологий.

В данном исследовании есть ограничения. Во-первых, отсутствуют официальные межстрановые сопоставимые данные по объёмам кибератак на энергообъекты, что затрудняет количественную оценку ущерба. Во-вторых, климатические риски анализируются на уровне качественных сценариев без детального экономического моделирования для каждого региона РФ. В-третьих, исследование не включает анализ правовых аспектов международного регулирования критических минералов.

Практические рекомендации (развивающие идеи Сизова А.А. [4] и Трегубенко Ф.В. [5]) представлены в виде пяти стратегических направлений для России:

1. Формирование государственной системы мониторинга критических минералов с созданием стратегических резервов лития, кобальта, редкоземельных металлов.
2. Ускоренное развёртывание отечественного производства аккумуляторов и оборудования для ВИЭ.
3. Принятие национальной программы кибербезопасности энергосистемы (стандарты для SCADA, сегментация сетей, учения).
4. Адаптация энергетической инфраструктуры к климатическим изменениям (свайные фундаменты в зонах вечной мерзлоты, повышение устойчивости ЛЭП).
5. Диверсификация внешней энергетической политики с акцентом на партнёрство с Китаем, Индией и странами АТР в сфере критических минералов и технологий.

Заключение

Энергетическая безопасность в современных условиях – это не только надёжность поставок нефти и газа. Новые вызовы, связанные с доступом к критическим минералам, киберуязвимостью электрических сетей и климатическими катастрофами, требуют системного подхода. Государства, игнорирующие эти изменения, рискуют столкнуться с масштабными кризисами. Россия, обладая богатым ресурсным потенциалом, но отставая в технологиях и переработке, должна ускоренно создавать национальную систему управления новыми рисками, иначе её энергетическая безопасность останется неполной. Предложенное в статье расширение понятия и идентифицированные угрозы могут служить основой для дальнейших количественных исследований и разработки отраслевых стандартов.

Литература

1. Анисимова Н.Н. Геополитика энергетической безопасности в современных условиях рисков и неопределенностей // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2025. – № 7(177). – С. 55-61.
2. Мастепанов А.М. Новые аспекты энергетической безопасности во фрагментированном геополитическом пространстве // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2025. – № 7(247). – С. 31-42.
3. Мастепанов А.М. О некоторых новых проблемах энергетической политики и вызовах энергобезопасности // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2025. – № 12(252). – С. 5-8.
4. Сизов А.А. Внешнеполитические риски для связности электроэнергетической системы России. Вестник МГИМО-Университета. 2025;18(6):124-153.
5. Трегубенко Ф.В. Реализация стратегических целей России и сотрудничество с БРИКС в сфере обеспечения экономики минерально-сырьевыми ресурсами // Российский внешнеэкономический вестник. – 2025. – № 3. – С. 82-94.
6. Козлов А.А. Выступление на ПМЭФ-2025: «Ответственность мировых лидеров по запасам и добыче минерального сырья за устойчивое развитие глобальной экономики». – 2025.
7. Руднев К. А. Основные аспекты и угрозы кибербезопасности в условиях геополитической нестабильности // Вестник НИБ. 2023. №52. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-aspekty-i-ugrozy-kiberbezopasnosti-v-usloviyah-geopoliticheskoy-nestabilnosti
8. Центр компетенций по сетевой безопасности ГК «Гарда». Итоги активности APT-группировок за 2025 год. – 2025.
9. Байбеков, А. Т. Экономическое моделирование последствий масштабных кибератак на критическую инфраструктуру: оценка системного риска для национальной экономики / А. Т. Байбеков, Н. Е. Лесникова // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2025. – № 11. – С. 337-340.
10. Бессель В.В., Лопатин А.С., Мартынов В.Г., Мингалеева Р.Д. Состояние ресурсной базы критически важных металлов и элементов для развития современных технологий // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2025. – № 2(319). – С. 5-21

Energy security in the new geopolitical reality: expanding the concept and contemporary threats

Araslanov R.F.
Surgut State University, Surgut

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The relevance of the study is determined by the fundamental transformation of the global energy landscape, where along with traditional risks (hydrocarbon supply disruptions, price volatility) new challenges arise related to the energy transition, digitalization and climate change. The aim is to identify contemporary threats to energy security and to propose a conceptual expansion of its concept considering geopolitical and technological shifts. The object is the energy security system as a set of organizational, technical and economic measures ensuring the reliability of energy supply. The subject is new vulnerability factors: shortages of critical minerals for low-carbon energy, cyberattacks on SCADA systems and smart grids, as well as the impact of climate anomalies on energy infrastructure. The scientific novelty consists in systematizing three interrelated components of modern energy security (hydrocarbon, mineral-raw and cyber-physical security), and in substantiating the need for state monitoring of critical minerals for Russia under sanctions pressure and global competition for energy transition resources.

Keywords: energy security, geopolitics, critical minerals, cybersecurity of electric grids, energy transition, infrastructure vulnerability, green energy.

References

1. Anisimova N.N. The geopolitics of energy security in modern conditions of risks and uncertainties // Regional problems of economic transformation. – 2025. – № 7(177). – Pp. 55-61.
2. Mastepanov A.M. New aspects of energy security in a fragmented geopolitical space // Problems of economics and management of the oil and gas complex. – 2025. – № 7(247). – Pp. 31-42.
3. Mastepanov A.M. On some new problems of energy politics and challenges of energy security // Problems of economics and management of the oil and gas complex. – 2025. – № 12(252). – P. 5-8.
4. Sizov A.A. Foreign policy risks for the connectivity of the Russian electric power system. Bulletin of MGIMO University. 2025;18(6):124-153.
5. Tregubenko F.V. Implementation of Russia's strategic goals and cooperation with BRICS in providing the economy with mineral resources. // Russian Foreign Economic Bulletin, 2025, No. 3, pp. 82-94.
6. Kozlov A.A. Speech at SPIEF 2025: "The responsibility of world leaders in reserves and extraction of mineral raw materials for the sustainable development of the global economy." – 2025.
7. Rudnev K. A. The main aspects and threats of cybersecurity in the context of geopolitical instability // Bulletin of NIB. 2023. No. 52.

Цифровые платформы как фактор трансграничной экономической интеграции ЕАЭС

Волков Григорий Александрович
аспирант кафедры мировой и национальной экономики, Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации, snek20000@yandex.ru

В статье исследуется уровень вовлечённости государств-членов Евразийского экономического союза в платформенную торговлю. Выявляются диспропорции в распределении выгод от цифровой интеграции. В основу исследования положен сравнительный анализ пяти стран по четырём ключевым показателям. На его основе рассчитан интегральный показатель (ИПИ) с применением min-max-нормализации и равных весов. Полученные результаты показывают, что Республика Казахстан и Российская Федерация составляют «платформенное ядро» интеграционного объединения (ИПИ — 0,91 и 0,79 соответственно). Армения и Кыргызстан, напротив, находятся на интеграционной периферии (ИПИ — 0,23 и 0,01). Республика Беларусь занимает срединное положение (ИПИ — 0,48). В работе предлагается авторский термин «асимметричная платформенная интеграция» и обсуждается необходимость наднационального регулирования для преодоления существующих цифровых дисбалансов.

Ключевые слова: ЕАЭС, цифровые платформы, трансграничная электронная торговля, маркетплейсы, платформенная интеграция, асимметрия развития, Kaspi.kz.

Введение

За последние несколько лет цифровые платформы из вспомогательного инструмента превратились в одну из ключевых движущих сил международной экономической интеграции. Они обеспечивают прямую связь между продавцами и покупателями, действуя зачастую эффективнее традиционных таможенных союзов или межправительственных соглашений. Как подчёркивал Н. Срничек, платформы представляют собой «базовую инфраструктуру современного цифрового капитализма» [1, с. 27]. Применительно к реалиям ЕАЭС это означает, что крупные маркетплейсы и суперприложения способны во многом нивелировать административные барьеры, однако при этом они создают новые вызовы: преимущества от такой торговли распределяются между странами-участницами неравномерно. Как отмечает А.М. Карапетян, «развитие платформ в регионе носит асимметричный характер, а лидером является Россия» [2].

Обратимся к статистике за 2025 год. По данным АКИТ, оборот трансграничной онлайн-торговли в России достиг 404 млрд руб. (+22,8% к предыдущему году), а число заказов превысило 209 млн [3; 4]. Как сообщает Shopper‘s Media, «90% покупок приходится на китайские товары» [5]. Общий объём российского рынка интернет-торговли за 2025 г. составил 11,5 трлн руб., увеличившись на 28%. При этом на две ведущие платформы — Wildberries и Ozon — по оценкам АКИТ, приходится около 80% оборота (47% и 32% соответственно) [4].

Казахстанский рынок электронной коммерции также демонстрирует уверенный рост. За первое полугодие 2025 г. его объём превысил 1 721 млрд тенге (прирост на 19%), а доля онлайн-продаж в структуре розничной торговли достигла 17,1% [6]. Ключевым игроком здесь выступает суперприложение Kaspi.kz, которое объединяет маркетплейс, платёжную систему и финансовые сервисы; в годовом отчёте компании сообщалось о 14,7 млн активных пользователей в месяц [7].

Ситуация в Армении и Кыргызстане заметно отличается. Собственные платформы здесь развиты относительно слабо. Доля безналичных расчётов в сфере онлайн-торговли Армении, по экспертной оценке автора, подготовленной на основе данных Центрального банка республики и открытых отчётов платформ, составляет около 35%. В Кыргызстане, как сообщает Спутник Кыргызстан, «объём внутреннего рынка электронной коммерции достиг 525 млн долларов» при ежегодном росте около 15% [8].

Таким образом, внутри ЕАЭС постепенно складывается модель, которую автор определяет как «асимметричную платформенную интеграцию». Формально общее цифровое пространство существует, однако на практике его опорой служат платформы, базирующиеся всего в двух странах — России и Казахстане. Остальные члены Союза оказываются в роли преимущественно потребителей этих сервисов, а не их создателей. Цель настоящей работы — количественно измерить степень вовлечённости каждой из стран «пятёрки» в платформенную торговлю и предложить практические шаги по сглаживанию выявленных дисбалансов.

Предлагаемый интегральный показатель платформенной интеграции (ИПИ) и понятие «асимметричная платформенная интеграция» принципиально отличаются от модели, заложенной в официальной Цифровой повестке ЕАЭС (Стратегия-2025, решения ЕЭК). Если в документах ЕЭК цифровая интеграция проектируется как унификация «сверху вниз» через наднациональные институты, то в настоящей статье на основе эмпирических данных фиксируется реально складывающаяся «горизонтальная» интеграция «снизу вверх» – через экспансию частных платформ. Кроме того, в официальных документах отсутствует количественная оценка степени вовлечённости стран в платформенную торговлю, тогда как ИПИ позволяет измерить эту вовлечённость и выявить асимметрию (ядро – полупериферия – периферия). Указанные отличия составляют гипотетическую новизну работы; дальнейшая верификация модели остаётся задачей последующих исследований.

Методы

Методологическая основа исследования — сравнительный анализ пяти стран ЕАЭС по четырём группам показателей, комплексно отражающим их включённость в платформенную экономику (табл. 1). В работе использовались официальные отчёты крупнейших маркетплейсов, статистические данные АКИТ, материалы национальных статистических служб и центральных банков, а также доклад ООН «E-Government Survey 2024» [9]. Как отмечают Новикова и Равино, «Выявлена неоднородность

цифровых трансформаций в странах-членах ЕАЭС и доказана необходимость согласованных цифровых подходов для суммирования региональных интеграционных эффектов на уровне Союза» [10].

Таблица 1
Система показателей для расчёта интегрального показателя платформенной интеграции

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Источник данных / способ расчёта
Доля трансграничных заказов в общем объёме электронной торговли	П1	% от GMV	АКИТ (для России, Казахстана и Беларуси); авторские оценки для Армении и Кыргызстана
Оценка вовлечённости продавцов	П2	Условная численность активных продавцов на 10 тыс. жителей	Авторская балльная оценка на основе данных Wildberries, Ozon, Kaspi.kz и обзоров ЕЭК
Доля безналичных платежей при онлайн-покупках	П3	%	Данные национальных банков (для России, Казахстана и Кыргызстана); официальные заявления Национального банка Беларуси; экспертная оценка автора для Армении
Индекс развития электронного правительства	П4	EGDI (0–1)	United Nations E-Government Survey 2024 [9]

Источник: составлено автором.

Для приведения всех показателей к единой шкале и обеспечения их сопоставимости была применена стандартная $min\text{-}max$-нормализация:

$$P_{норм} = \frac{P_{факт} - P_{мин}}{P_{макс} - P_{мин}}, (1)$$

где $P_{норм}$ — нормализованное значение показателя; $P_{факт}$ — фактическое значение показателя для рассматриваемой страны; $P_{мин}$ — минимальное значение показателя среди всех стран выборки; $P_{макс}$— максимальное значение показателя среди всех стран выборки.

Итоговый интегральный показатель платформенной интеграции (ИПИ) для каждой страны рассчитывался как среднее арифметическое четырёх нормализованных значений при равных весах:

$$ИПИ = \frac{П1_{норм} + П2_{норм} + П3_{норм} + П4_{норм}}{4}, (2)$$

где ИПИ — интегральный показатель платформенной интеграции; $П1_{норм}$ — нормализованное значение показателя доли трансграничных заказов в общем объёме e-commerce; $П2_{норм}$— нормализованное значение показателя вовлечённости продавцов; $П3_{норм}$ — нормализованное значение показателя доли безналичных платежей; $П4_{норм}$ — нормализованное значение индекса развития электронного правительства (EGDI).

Все расчёты были проведены лично автором. Исходные данные и финальные значения ИПИ представлены в табл. 2.

Результаты

Интегральный показатель платформенной интеграции. В табл. 2 сведены базовые статистические данные по каждой из стран ЕАЭС и рассчитанные на их основе интегральные показатели.

Таблица 2
Базовые показатели и интегральный показатель платформенной интеграции стран ЕАЭС (расчёт автора, данные за 2025 г.)

Страна	П1, % от GMV	П2, оценка вовлечённости продавцов	П3, % безналичных платежей	П4, EGDI	ИПИ
Казахстан	8,1	8	87,2	0,9009	0,91
Россия	3,8	12	87,5	0,8532	0,79
Беларусь	5,4	5	~68*	0,7445	0,48
Армения	1,2	1	~35**	0,8422	0,23
Кыргызстан	0,9	0,5	29	0,6930	0,01

**Примечания: *оценка автора, основанная на публичных заявлениях Национального банка Беларуси; **экспертная оценка автора.*
Источник: составлено автором.

Представленные данные свидетельствуют о ярко выраженном лидерстве Казахстана (0,91) и России (0,79). Значение показателя для Беларуси (0,48) позволяет отнести её к группе стран со средним уровнем платформенной интеграции. Существенное отставание Армении (0,23) и особенно Кыргызстана (0,01) обусловлено комплексом причин: низкой долей безналичных платежей, слабой активностью местных продавцов в трансграничной электронной торговле и сравнительно невысоким удельным весом зарубежных заказов.

Особенности национальных платформенных экосистем

В России, как уже отмечалось, доминируют две платформы — Wildberries и Ozon, совокупная доля которых на рынке оценивается приблизительно в 80% [4]. Удельный вес трансграничных заказов в их обороте невелик (около 3,8% GMV), однако в абсолютном выражении это самый крупный сегмент во всём Союзе, превышающий 400 млрд руб. Доля безналичных платежей в розничных расходах населения России в 2025 г. достигла 87,5% [11]; при этом по регионам сохраняется заметный разброс — от 93% в лидирующих субъектах РФ до 63–73% в республиках Северного Кавказа [12].

В Казахстане основной платформенной экосистемой является Kaspi.kz. Активная аудитория суперприложения (MAU) в 2025 г. составила 14,7 млн пользователей, а доля безналичных платежей в стране — 87,2% [7; 13].

Беларусь демонстрирует высокую динамику: за 2020–2024 гг. объём рынка интернет-площадок увеличился в 28 раз, а доля онлайн-торговли в розничном товарообороте достигла 12% [14]. Доля безналичных платежей в республике, по оценкам автора, базирующимся на заявлениях руководства Национального банка, составляет около 68% [15].

В Армении рынок электронной коммерции, хотя и растёт (по данным PanARMENIAN.Net, количество транзакций за 2025 г. увеличилось на 75% при соотношении внутренних и международных заказов 77% к 23% [16]), остаётся узким. Доля безналичных платежей, согласно авторским расчётам, находится на уровне около 35%. В Кыргызстане объём e-commerce оценивается примерно в 525 млн долл. при ежегодном приросте в 15% [8]; доля безналичных платежей в этой сфере — 29% [17]. Показатель EGDI (0,6930) у республики самый низкий среди всех стран ЕАЭС [9].

Обсуждение

Полученные данные наглядно демонстрируют не только различия в объёмах электронной торговли, но и более глубокую асимметрию платформенной инфраструктуры в пространстве ЕАЭС. Вводимое автором понятие «асимметричная платформенная интеграция» фиксирует ситуацию, при которой, несмотря на существование единого цифрового пространства, его интеграционный эффект распределяется между странами-участницами крайне неравномерно. Фактически российские платформы (Wildberries, Ozon) играют роль главного архитектора «цифровых правил» для всего Союза. Казахстан, в свою очередь, сумел выстроить собственную экосистему (Kaspi.kz), которая, однако, пока что слабо проникает за пределы страны. Беларусь находится в промежуточном положении. Армения и Кыргызстан, по сути, выполняют функции «цифровой периферии», выступая преимущественно в роли потребителей сервисов. Это, в свою очередь, усиливает их зависимость от решений, принимаемых за пределами национальных юрисдикций.

Следует отметить, что в рамках ЕАЭС цифровая интеграция развивается не традиционным «вертикальным» путём (через наднациональные институты), а «горизонтально» — через экспансию частных платформ. Положительным шагом стало введение с 2025 г. единого беспошлинного порога в 200 евро и плоской ставки в 5% для товаров, превышающих этот лимит [18]. Однако целый ряд ключевых вопросов (взаимное признание электронной подписи, унификация правил возврата товаров, единые стандарты доставки и защиты данных) до сих пор остаются неурегулированными.

Для сглаживания существующих диспропорций необходим комплекс мер как рыночного, так и регуляторного характера. Цифровые платформы становятся столь значимой экономической силой, что требуют пересмотра подходов к антимонопольному и наднациональному регулированию. К числу наиболее перспективных направлений можно отнести: формирование общесоюзного реестра аккредитованных продавцов; гармонизацию требований к онлайн-платежам и правил для платформ в сфере ответственности за качество товаров и трансграничную доставку; а также поддержку локальных платформ в Армении и Кыргызстане через совместные инвестиции и технологические партнёрства с компаниями из России и Казахстана. Без таких скоординированных усилий можно ожидать дальнейшего углубления асимметрии.

Предложенный интегральный показатель может быть полезен для Евразийской экономической комиссии как вспомогательный инструмент мониторинга цифровой связанности стран Союза — как в оперативном режиме, так и для отслеживания долгосрочной динамики.

На рисунке 1 представлена модель асимметричной платформенной интеграции ЕАЭС. Схематично она иллюстрирует три концентрические зоны: ядро — Казахстан и Россия (высокий ИПИ, наличие собственных платформ); полупериферия — Беларусь (средний ИПИ, высокая зависимость от российских платформ); периферия — Армения и Кыргызстан (низкий ИПИ, отсутствие локальных платформ).

Рисунок 1 – Модель асимметричной платформенной интеграции ЕАЭС
Источник: составлено автором.

Сравнение с официальной Цифровой повесткой ЕАЭС. Предлагаемая в статье модель (ИПИ + понятие асимметричной платформенной интеграции) отличается от модели, заложенной в стратегических документах ЕАЭС (Стратегия-2025, дорожная карта «Евразийский экономический путь»), по двум ключевым параметрам.

Во-первых, направленность интеграции: официальная повестка предполагает движение «сверху вниз» (наднациональные институты → синхронизация законодательства → внедрение на местах). В настоящей работе, напротив, фиксируется реально складывающаяся «горизонтальная» интеграция «снизу вверх», где драйвером выступают частные цифровые платформы.

Во-вторых, в документах ЕЭК отсутствует количественная оценка вовлечённости стран в платформенную торговлю. Предложенный ИПИ позволяет измерить эту вовлечённость и выделить ядро, полупериферию и периферию, что даёт возможность не только констатировать асимметрию, но и отслеживать её динамику.

Таким образом, модель носит гипотетический характер и отражает авторское видение альтернативного подхода к анализу платформенной интеграции. Её дальнейшая верификация требует расширения эмпирической базы и сопоставления с динамикой реальных интеграционных процессов.

Ограничения

Предложенный интегральный показатель платформенной интеграции, безусловно, не является универсальным. Его расчёт напрямую зависит от доступности и качества статистики по e-commerce в странах ЕАЭС. Целый ряд данных (в частности, показатель П2, а также оценки для Армении и Беларуси по П3) носит экспертный, а не строго формализованный характер. Перспективным направлением дальнейших исследований может стать расширение методики за счёт включения таких параметров, как логистическая связанность, уровень цифровой идентификации пользователей и доля локальных платформ в национальном обороте электронной торговли.

Заключение

Платформенная экономика объективно стала самостоятельным драйвером трансграничной интеграции в ЕАЭС. Однако её позитивный потенциал распределяется между странами Союза крайне неравномерно. Интегральный показатель платформенной интеграции (ИПИ), рассчитанный в рамках настоящего исследования, подтверждает существенное отставание Армении и Кыргызстана. В качестве приоритетных мер, направленных на исправление сложившейся ситуации, можно предложить: скорейшее заключение межправительственного соглашения о взаимном признании электронной подписи (без которого поступательное развитие трансграничной электронной торговли будет затруднено); принятие наднациональных правил работы платформ; создание системы совместного мониторинга показателей платформенной интеграции, основой для которой мог бы стать предложенный ИПИ. В противном случае формирующийся «цифровой союз» рискует превратиться в пространство цифрового доминирования одних стран над другими, что противоречит самой идее равноправного экономического партнёрства.

Литература

1. Srnicek N. Platform Capitalism. Cambridge: Polity Press; 2017. 180 p. ISBN 978-1-5095-0487-9.

2. Карапетян А.М. Развитие цифровых платформ в ЕАЭС: теоретические и практические аспекты // Право и управление. XXI век. 2025. Т. 21. № 3. С. 108–119. DOI: 10.24833/2073-8420-2025-3-108-119.

3. Коммерсантъ. Оборот трансграничной онлайн-торговли за девять месяцев вырос на 25% [Internet]. 2025. URL: https://www.kommersant.ru/doc/7736712 (дата обращения: 11.05.2026).

4. Ассоциация компаний интернет-торговли (АКИТ). Интернет-торговля в России по итогам 2025 года [Internet]. 2026. URL: https://akit.ru/news/analiz-sostoyaniya-internet-torgovli-v-rossii-po-itogam-2025-goda (дата обращения: 14.05.2026).

5. Shopper‘s Media. Ozon Global в 2025 г. впервые стал лидером трансграничной торговли [Internet]. 2026. URL:

https://shoppers.media/news/27621_ozon-global-v-2025-g-vpervye-stal-liderom-transgranicnoi-torgovli (дата обращения: 12.05.2026).

6. Strategy& Казахстан, Ассоциация Цифровой Казахстан. Анализ рынка розничной электронной коммерции в Республике Казахстан за 6 месяцев 2025 года [Internet]. 2025. URL: https://www.pwc.com/kz/ru/publications/e-commerce-analysis/e-commerce-6m2025.html (дата обращения: 11.05.2026).

7. Kaspi.kz. Отчёт о деятельности за 2025 год (4Q & FY 2025 Financial Results) [Internet]. Алматы; 2026. URL: https://ir.kaspi.kz/media/4Q__FY_2025_Financial_Results_.pdf (дата обращения: 13.05.2026).

8. Спутник Кыргызстан. Объём внутреннего рынка электронной коммерции в КР достиг $525 млн [Internet]. 2025. URL: https://ru.sputnik.kg/20251030/obyem-elektronnaya-kommertsiya-kyrgyzstan-kasymaliyev-1097514010.html (дата обращения: 12.05.2026).

9. United Nations. E-Government Survey 2024: Accelerating digital transformation for sustainable development [Internet]. New York: UN; 2024. URL: https://publicadministration.un.org/egovkb (дата обращения: 05.03.2026).

10. Новикова Ирина Васильевна, Равино Алла Васильевна ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УГРОЗ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ НА УРОВНЕ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ГРУППИРОВКИ ЕАЭС // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2024. №1 (280). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-statisticheskih-pokazateley-dlya-vyyavleniya-ugroz-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-na-urovne-integratsionnoy-gruppirovki-eaes (дата обращения: 14.05.2026).

11. Платформа ОФД, Сбербанк. Безналичные платежи в России в первом полугодии 2025 года [Internet]. 2025. URL: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/all/article?newsID=4a28b096-4605-4707-953e-e44dd37dcedb&blockID=1303&regionID=77&lang=ru&type=NEWS (дата обращения: 13.05.2026).

12. БанкиРу. Сбер назвал регионы, жители которых предпочитают платить наличными [Internet]. 2025. URL: https://www.banki.ru/news/lenta/?id=11020242 (дата обращения: 13.05.2026).

13. Kapital.kz. В Казахстане 8 из 10 платежей совершаются онлайн [Internet]. 2026. URL: https://kapital.kz/finance/147098/v-kazahstane-8-iz-10-platezhej-sovershayutsya-onlajn.html (дата обращения: 13.05.2026).

14. БЕЛТА. В Беларуси за 2020-2024 годы объём рынка интернет-площадок вырос в 28 раз [Internet]. 2026. URL: https://belta.by/economics/view/v-belarusi-za-2020-2024-gody-objem-rynka-internet-ploschadok-vyros-v-28-raz-780361-2026/ (дата обращения: 12.05.2026).

15. БЕЛТА. Когда в Беларуси широко введут QR-платежи, рассказали в Нацбанке [Internet]. 2025. URL: https://belta.by/society/view/kogda-v-belarusi-shiroko-vvedut-qr-platezhi-rasskazali-v-natsbanke-743084-2025/ (дата обращения: 13.05.2026).

16. PanARMENIAN.Net. Armenia sees 75% growth in e-commerce transactions [Internet]. 2025. URL: https://www.panarmenian.net/m/eng/news/320151/ (дата обращения: 13.05.2026).

17. КырТАГ. Глава Нацбанка рассказал о ситуации с безналичными расчётами [Internet]. 2025. URL: https://kyrtag.kg/ru/news/glava-natsbanka-rasskazal-o-situatsii-s-beznalichnymi-raschetami (дата обращения: 13.05.2026).

18. Евразийская экономическая комиссия. Решение Совета ЕЭК от 05.12.2025 № 119 «Об установлении стоимостных норм, в пределах которых товары электронной торговли, приобретенные физическими лицами, ввозятся на таможенную территорию Евразийского экономического союза без уплаты таможенной пошлины в отношении товаров электронной торговли» [Internet]. URL: https://www.alta.ru/tamdoc/25sr0119/ (дата обращения: 12.05.2026).

Digital platforms as a factor of cross-border economic integration of the eaeu

Volkov G.A.
Russian Foreign Trade Academy Ministry of economic development of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the level of involvement of the member states of the Eurasian Economic Union in platform trade. Disparities in the distribution of benefits from digital integration are identified. The study is based on a comparative analysis of five countries according to four key indicators. On its basis, an integral indicator (IPI) is calculated using min-max normalization and equal weights. The results show that the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation form the "platform core" of the integration association (IPI — 0.91 and 0.79, respectively). Armenia and Kyrgyzstan, on the contrary, are on the integration periphery (IPI — 0.23 and 0.01). The Republic of Belarus occupies a middle position (IPI — 0.48). The paper introduces the author's term "asymmetric platform integration" and discusses the need for supranational regulation to overcome existing digital imbalances. The difference of the proposed approach from the official Digital Agenda of the EAEU consists in recording "horizontal" bottom-up integration and introducing a quantitative index to measure asymmetry.

Keywords: EAEU, digital platforms, cross-border e-commerce, marketplaces, platform integration, asymmetry of development, Kaspi.kz.

References

1. Srnicek N. Platform Capitalism. Cambridge: Polity Press; 2017. 180 p. ISBN 978-1-5095-0487-9.
2. Karapetyan A.M. Razvitie tsifrovykh platform v EAES: teoreticheskie i prakticheskie aspekty // Pravo i upravlenie. XXI vek. 2025. T. 21. № 3. S. 108–119. DOI: 10.24833/2073-8420-2025-3-108-119.
3. Kommersant. Obzor transgranichnoy onlayn-torgovli za devyat' mesyatsev vyros na 25% [Internet]. 2025. URL: https://www.kommersant.ru/doc/7736712 (accessed: 11.05.2026).
4. Assotsiatsiya kompaniy internet-torgovli (AKIT). Internet-torgovlya v Rossii po itogam 2025 goda [Internet]. 2026. URL: https://akit.ru/news/analiz-sostoyaniya-internet-torgovli-v-rossii-po-itogam-2025-goda (accessed: 14.05.2026).
5. Shopper's Media. Ozon Global v 2025 g. vpervye stal liderom transgranichnoy torgovli [Internet]. 2026. URL: https://shoppers.media/news/27621_ozon-global-v-2025-g-vpervye-stal-liderom-transgranicnoi-torgovli (accessed: 12.05.2026).
6. Strategy& Kazakhstan, Assotsiatsiya Tsifrovoy Kazakhstan. Analiz rynka roznichnoy elektronnoy kommertsii v Respublike Kazakhstan za 6 mesyatsev 2025 goda [Internet]. 2025. URL: https://www.pwc.com/kz/ru/publications/e-commerce-analysis/e-commerce-6m2025.html(accessed: 11.05.2026).
7. Kaspi.kz. Otchet o deyatel'nosti za 2025 god (4Q & FY 2025 Financial Results) [Internet]. Almaty; 2026. URL: https://ir.kaspi.kz/media/4Q__FY_2025_Financial_Results_.pdf (accessed: 13.05.2026).
8. Sputnik Kyrgyzstan. Ob"em vnutrennego rynka elektronnoy kommertsii v KR dostig $525 mln [Internet]. 2025. URL: https://ru.sputnik.kg/20251030/obyem-elektronnaya-kommertsiya-kyrgyzstan-kasymaliyev-1097514010.html (accessed: 12.05.2026).
9. United Nations. E-Government Survey 2024: Accelerating digital transformation for sustainable development [Internet]. New York: UN; 2024. URL: https://publicadministration.un.org/egovkb(accessed: 05.03.2026).
10. Novikova I.V., Ravino A.V. Otsenka statisticheskikh pokazateley dlya vyyavleniya ugroz razvitiya tsifrovoy ekonomiki na urovne integratsionnoy gruppirovki EAES // Trudy BGTU. Seriya 5: Ekonomika i upravlenie. 2024. № 1 (280). S. 5–15. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-statisticheskih-pokazateley-dlya-vyyavleniya-ugroz-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-na-urovne-integratsionnoy-gruppirovki-eaes (accessed: 14.05.2026).
11. Platforma OFD, Sberbank. Beznalichnye platezhi v Rossii v pervom polugodii 2025 goda [Internet]. 2025. URL: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/all/article?newsID=4a28b096-4605-4707-953e-e44dd37dcedb (accessed: 13.05.2026).
12. BankiRu. Sber nazval regiony, zhiteli kotorykh predpochitayut platit' nalichnymi [Internet]. 2025. URL: https://www.banki.ru/news/lenta/?id=11020242 (accessed: 13.05.2026).
13. Kapital.kz. V Kazakhstane 8 iz 10 platezhey sovershayutsya onlayn [Internet]. 2026. URL: https://kapital.kz/finance/147098/v-kazahstane-8-iz-10-platezhej-sovershayutsya-onlajn.html(accessed: 13.05.2026).
14. BELTA. V Belarusi za 2020-2024 gody ob"em rynka internet-ploshchadok vyros v 28 raz [Internet]. 2026. URL: https://belta.by/economics/view/v-belarusi-za-2020-2024-gody-objem-rynka-internet-ploschadok-vyros-v-28-raz-780361-2026/ (accessed: 12.05.2026).
15. BELTA. Kogda v Belarusi shiroko vvedut QR-platezhi, rasskazali v Natsbanke [Internet]. 2025. URL: https://belta.by/society/view/kogda-v-belarusi-shiroko-vvedut-qr-platezhi-rasskazali-v-natsbanke-743084-2025/ (accessed: 13.05.2026).
16. PanARMENIAN.Net. Armenia sees 75% growth in e-commerce transactions [Internet]. 2025. URL: https://www.panarmenian.net/m/eng/news/320151/ (accessed: 13.05.2026).
17. KyrTAG. Glava Natsbanka rasskazal o situatsii s beznalichnymi raschetami [Internet]. 2025. URL: https://kyrtag.kg/ru/news/glava-natsbanka-rasskazal-o-situatsii-s-beznalichnymi-raschetami(accessed: 13.05.2026).
18. Evraziyskaya ekonomicheskaya komissiya. Reshenie Soveta EEK ot 05.12.2025 № 119 «Ob ustanovlenii stoimostnykh norm, v predelakh kotorykh tovary elektronnoy torgovli, priobretennye fizicheskimi litsami, vozyatsya na tamozhennuyu territoriyu Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza bez uplaty tamozhennoy poshliny v otnoshenii tovarov elektronnoy torgovli» [Internet]. URL: https://www.alta.ru/tamdoc/25sr0119/ (accessed: 12.05.2026).

Развитие регуляторной среды цифровых финансовых активов в условиях цифровизации рынков ценных бумаг США и России

Жалилов Тимур Магомедович
аспирант, Экономический факультет, МГУ имени М. В. Ломоносова, tim.jalilo@yandex.ru,

Белова Людмила Георгиевна
доктор экономических наук, доцент, Экономический факультет, МГУ имени М. В. Ломоносова, lgbelova@bk.ru

В статье проводится сравнительный анализ институциональной среды рынков ценных бумаг США и России в условиях цифровизации. Исследование основано на формально-юридическом анализе нормативно-правовых актов стран, а также на анализе биржевой статистики и отраслевых отчетов. В результате исследования даны характеристики текущему уровню развития законодательства в рамках реализации национальной политики в данной сфере и сформулированы рекомендации по улучшению регулирования рынка ЦФА в России: внедрение дифференцированной классификации цифровых активов и постепенное смягчение лимитов на покупки для различных категорий инвесторов.

Ключевые слова: цифровые финансовые активы, рынок ценных бумаг, цифровизация, институциональная среда, национальная политика.

Введение

Цифровизация экономики вносит значительные изменения в сущность ценных бумаг, инфраструктуру их обращения, функционирование рынков ценных бумаг. Цифровая трансформация рынков, инструментов и бизнес-процессов на рынках ценных бумаг требует пересмотра традиционных регуляторных подходов. В данной статье изложены результаты сравнительного анализа качественных и количественных данных об институциональной трансформации регулирования рынков ценных бумаг сша и России в условиях цифровизации экономики, произведенного для формирования рекомендаций по дальнейшему развитию и совершенствованию данной сферы в нашей стране. Целью статьи является изложение результатов сравнительного исследования развития регуляторной среды цифровых финансовых активов (ЦФА) на рынках ценных бумаг США и России в условиях цифровизации.

Под «*цифровизацией рынка ценных бумаг*» понимается процесс внедрения цифровых технологий в деятельность, связанную с эмиссией, учетом, обращением, расчетам и регулированием ценных бумаг. Цифровизация трансформирует инфраструктуру рынка ценных бумаг, вводя новые инструменты и технологии. Углубление проникновения цифровых технологий на рынок ценных бумаг ведет к цифровой трансформации этого рынка.

Цифровая трансформация рынка ценных бумаг трактуется как процесс создания новых бизнес-моделей и инструментов внедрения цифровых технологий и инноваций в инфраструктуру, операции и регулирование рынка ценных бумаг, направленный на повышение эффективности, прозрачности, доступности и безопасности финансовых процессов.

Ключевыми аспектами цифровизации и цифровой трансформации рынка ценных бумаг выступают: автоматизация процессов; токенизация активов; алгоритмическая торговля; применение технологий распределенного реестра (блокчейн-технологий); использование Больших данных (Big Data), машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ); облачных технологий; онлайн-платформ; технологий по обеспечению соответствия требованиям регулятора финансового рынка, автоматизации административных процессов и повышения прозрачности отчетности (регуляторных технологий RegTech и надзорных технологий SupTech); другие инструменты для повышения прозрачности, эффективности и безопасности операций на фондовом рынке.

Фокус внимания авторов данной статьи сосредоточен на «*токенизации активов*», которая трактуется как процесс создания цифрового аналога (токена), удостоверяющего права на актив и обращающегося в блокчейн-среде. *Цифровые финансовые активы* (ЦФА) – это цифровые права, включающие денежные требования, возможность осуществления прав по эмиссионным ценным бумагам, права участия в капитале непубличного акционерного общества, право требовать передачи эмиссионных ценных бумаг.

Теоретическую основу исследования составили фундаментальные труды российских и зарубежных авторов. Эмпирическую базу исследования сформировали нормативно-правовые акты, материалы биржевой статистики и отраслевые аналитические отчеты. Для анализа нормативно-правовых актов применялся метод формально-юридического анализа в сочетании с элементами качественного контент-анализа. Интеграция качественных и количественных данных осуществлялась на этапе интерпретации результатов посредством представления количественных и качественных выводов совместно по каждому из исследовательских вопросов. Для подтверждения выводов применялось сопоставление данных регуляторов, биржевой статистики и отраслевых отчетов.

Объект исследования – рынки ценных бумаг США и России. Предмет исследования – национальные законодательные акты США и России, регулирующие рынок ценных бумаг, и правоприменение данных актов к ЦФА. К элементам новизны полученных авторами результатов можно отнести: генерирование новых знаний о рынке ЦФА, сформированных в результате комплексного анализа публикаций и законодательных актов США и России в сфере регулирования ЦФА, а также рекомендации по совершенствованию регуляторной среды цифровых финансовых активов в условиях цифровизации рынков ценных бумаг, сформулированные на основе изучения положительных аспектов практики США и адаптированные для применения на российском рынке ЦФА.

Материалы и методы анализа

Центральным вопросом в теме регулирования и регуляторной среды цифровых финансовых активов в условиях цифровизации рынков ценных бумаг является вопрос о правовой природе новых цифровых финансовых инструментов. В современной академической литературе первой четверти XXI в. исследуется широкий спектр вопросов, связанных с этой проблематикой, - от оценки общей правовой неопределенности данных активов до эмпирического анализа последствий регуляторных действий.

Ценным источником информации является опыт институциональных решений США 2025–2026 годов по обновлению регуляторной инфраструктуры в условиях адаптации к процессу цифровизации.

В США основным критерием отнесения актива к категории ценных бумаг исторически выступает тест Хоуи (Howey Test), выработанный Верховным судом в 1946 г. в рамках судебного разбирательства с участием **Комиссии по ценным бумагам и биржам США (К**ЦББ, **Securities and Exchange Commission, SEC)**. Согласно данному тесту, актив признается инвестиционным контрактом (и, следовательно, ценной бумагой), если имеет место вложение средств в общее предприятие с ожиданием прибыли исключительно за счет усилий третьих лиц. Применение данного теста к цифровым активам долгое время порождало правовую неопределенность. В январе 2026 г. КЦББ представила новое официальное определение, согласно которому токенизированные ценные бумаги — это финансовые инструменты, подпадающие под действие федеральных законов о ценных бумагах, но выпущенные или учитываемые с использованием одного или нескольких блокчейнов [1]. Тексты законопроектов и руководств **Комиссии по ценным бумагам и биржам США (**КЦББ, Securities and Exchange Commission, SEC**)** анализировались авторами статьи по следующим критериям: (1) дефиниции цифровых активов, (2) критерии отнесения к ценным бумагам, (3) требования к раскрытию информации, (4) регуляторный режим для участников рынка.

Общемировой тренд цифровизации всех областей деятельности не обошел и Россию. После принятия Федерального Закона о цифровых финансовых активах (ЦФА) в 2020 г. российский бизнес строит собственные блокчейн-сети, а Банк России (ЦБ) разработал проект цифрового рубля, цифровую форму российской национальной валюты, которую Банк России планирует выпускать в дополнение к существующим формам денег для того, чтобы стать еще одним средством для платежей и переводов, которое не будет зависеть от ограничений банков в виде комиссий и лимитов. Выпуск, учет и обращение ЦФА возможны только через внесение (изменение) записей в информационную систему на основе распределённого реестра. Правовую основу составляет Федеральный закон от 31 июля 2020 года №259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Результаты и обсуждение

Вопросы развития регуляторной среды цифровых финансовых активов в условиях цифровизации рынков ценных бумаг широко обсуждаются в мировой экономической литературе.

В работе В. Брожа (V. Brož) анализируется влияние более чем 200 правоприменительных действий КЦББ за период 2019–2023 годов на стоимость основных криптоактивов [2]. Выводы автора подтверждают гипотезу о негативном и экономически значимом эффекте «регулирования через правоприменение»: в течение трех дней до и после объявления о начале расследования или предъявлении обвинений стоимость активов снижалась на 0,7–1,4%. Особенно сильная негативная реакция наблюдалась в 2022 г. и в случаях, когда обвинения предъявлялись физическим лицам.

В работе А. Казимирова (A. Kazimirov) автор проводит анализ подхода КЦББ к регулированию и правоприменению в сфере цифровых активов в сравнении с европейскими законами регламентирующим данный рынок [3]. Автор указывает, что отсутствие четких регуляторных правил и опора на судебные прецеденты создают неприемлемый уровень неопределенности для рынка, и показывает это через понимание преимуществ и недостатков двух различных философий регулирования: «снизу вверх» через судебные решения против «сверху вниз» через установления всеобщего законодательство.

Исследование А. Думитреску (A. Dumitrescu) оценивает эффект внедрения технологий в регуляторные процессы КЦББ [4]. Анализируя переход КЦББ на защищенный протокол в 2016 г., автор обнаружил, что технологические изменения в инфраструктуре доступа к данным могут создавать «переходные издержки» для участников рынка, временно ухудшая ценовую информативность и искажая поведение инвесторов.

Альтернативный подход к классификации ценных бумаг содержится в исследовании токенов Т. Хогана (T. Hogan) [5]. Т. Хоган предлагает критерий классификации, основанный на экономическом определении ценной бумаги как контракта, обещающего будущие выплаты. Согласно логике автора, цифровыми ценными бумагами следует считать только те токены, в код которых (в смарт-контракте) заложена функция осуществления платежей, и предлагается классифицировать цифровые ценные бумаги от минимально регулируемых децентрализованных активов до полностью регулируемых токенизированных физических активов. Этот подход представляет собой попытку предоставить альтернативу теста Хоуи и предлагает «дорожную карту» для законодателей.

Результаты и обсуждение

Регулирование на рынке ценных бумаг США является одним из самых сложных в мире ввиду большого количества законодательных актов и регулирующих органов, обеспечивающих прозрачность функционирования рынка.

Ключевыми нормативно-правовыми документами, регулирующими рынок ценных бумаг в США, исторически выступали:

- Закон «О ценных бумагах» – «Закон 1933 года» (регулирует первичное размещение ценных бумаг).
- Закон «О биржах» – «Закон 1934 года» (регулирует вторичный рынок и деятельность бирж).

Надзор над рынком ценных бумаг осуществляют сразу несколько государственных ведомств:

- Комиссия по ценным бумагам и биржам США.
- Служба регулирования отрасли финансовых услуг.
- Комиссия по торговле товарными фьючерсами.

В их обязанности входят: контроль за соблюдением правил торговли на биржевом и внебиржевом рынках, а также законодательная функция.

До 2020 г. на рынке ценных бумаг США токенизированные активы были скорее концепцией и занимали совсем незначительную долю. Последовавший за бумом криптовалют в 2017 г. интерес к данному виду активов стимулировал компании привлекать капитал путем выпуска и первичного предложения цифровых токенов («токена-как ценная бумага», Security Token Offerings, STO), регулируемых финансовыми властями и подпадающих под действие законодательства о ценных бумагах (что обеспечивает защиту инвесторов), представляющих собой право собственности на реальные активы или ценные бумаги, покупку цифровых прав собственности на акции компании. Изначально данные первичные предложения происходили на зарождающихся в то время цифровых биржах (т. е. веб-службах, оказывающим потребителям услуги по торговле цифровыми активами) и имели относительно небольшое распространение.

Процесс адаптации американского законодательства о ценных бумагах к реалиям цифровой экономики можно разделить на три ключевых этапа: период правовой неопределённости (2021–2024 гг.), институциональное развитие (2025 г.) и этап кодификации новых правил (с 2026 г).

В начальной фазе цифровизации финансовых рынков основным способом реагирования КЦББ на токенизированные активы служили правоприменительные меры, опиравшиеся на результаты ранее упомянутого теста Хоуи 1946 года. Поскольку специальная законодательная база в тот момент в стране отсутствовала, регулятор был вынужден добиваться соблюдения норм в сфере криптовалют исключительно через судебные иски.

Согласно международной статистике, к 2022 г. капитализация токенизированных казначейских облигаций США составляла 100 млн долл. США [6]. К концу 2023 года этот показатель вырос более чем в шесть раз и составил почти 700 млн долл. США. Характерно, что на фоне стремительного роста объемов рынка происходило и увеличение числа правовых исков: с 18 дел в 2018 г. до пикового значения в 101 дело в 2023 г. [7]

Ключевой проблемой на данном этапе стала правовая неопределённость: КЦББ и **Комиссия по торговле товарными фьючерсами** (Commodity Futures Trading Commission, CFTC), **центральный орган государственного управления США**, осуществляющий контроль над исполнением закона о товарных **фьючерсах,** на протяжении почти 13 лет не могли согласовать позиции по разграничению полномочий в отношении цифровых активов [8]. Подход КЦББ был ориентирован на защиту инвесторов и использовал строгие требования по раскрытию информации эмитентами. Подход CFTC был в большей степени ориентирован на профессиональных участников рынка и использовал менее строгие стандарты.

Появление новых видов финансовых активов размыло границы между сферами регулирования данных комиссий, что порождало дублирование требований и правовой хаос. Эта ситуация, в свою очередь, отчасти способствовала перетоку инноваций и капитала в страны Европы и Азии, где уже начинали внедряться более четкие и предсказуемые правила регулирования цифровых активов на рынках ценных бумаг.

С приходом к власти администрации Д. Трампа в 2025 г. в данной сфере стали происходить серьезные институциональные изменения. Ключевым событием того года стало принятие Конгрессом двух знаковых законов, создавших первую комплексную правовую базу для цифровых активов.

В июле 2025 президент подписал GENIUS Act (Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins Act), который стал первым федеральным законом, регулирующем рынок стейблкоинов (криптовалюты с фиксированным курсом) [9]. В данном законе были четко прописаны критерии определения тех, кто может быть эмитентами стейблкоинов (банки и небанковские организации со специальной лицензией), а также устанавливались жесткие требования к резервированию данного вида активов 1 : 1 (1 к 1) за счет денежных средств и облигаций, ужесточались правила для иностранных эмитентов, усиливался контроль над проводимыми на рынке операциями [10].

Второй важный законодательный акт, CLARITY Act (Digital Asset Market Clarity Act of 2025), также был принят в июле 2025 г. Данный документ впервые законодательно закрепил разграничение юрисдикций КЦББ и CFTC, введя следующие категории цифровых активов:

- цифровые товары – это активы, чья стоимость производна от программного функционирования децентрализованного блокчейн-протокола (регулятор - Комиссия по торговле товарными фьючерсами, CFTC);

- актив по договору – это цифровые активы, выпущенные в рамках инвестиционного контракта, предполагающего зависимость от управления третьими лицами (регулятор – КЦББ);

- вспомогательные активы – это токены, изначально проданные как часть инвестконтракта, но впоследствии отделённые от него (КЦББ регулирует первичное размещение, Комиссия по торговле товарными фьючерсами – вторичный рынок) [11].

В рамках этого закона был также введен механизм сертификации так называемых «зрелых блокчейн-систем», позволяющий децентрализованным сетям освобождаться от требований КЦББ по раскрытию информации.

Такой перевод цифровых активов в правовое поле позволил значительно уменьшить число судебных разбирательств с участием КЦББ: со 101 в 2023 г. до 33 в 2025 г., а сумма денежных штрафов снизилась с 4,7 млрд долл. в 2024 г. до 142 млн долл. в 2025 г. (составив менее 3% от уровня предыдущего года), что является самым низким показателем с 2017 г. [7]

В то же время продолжается активный рост рынка токенизированных активов. Так, в 2025 г. объем рынка токенизированных активов перешагнул отметку 26,6 млрд долл. США. Более трети данного объема занимали казначейские облигации США, превышая показатели начала 2024 г. более чем в 14 раз.

Принятие указанных актов позволило повысить уровень доверия к данным активам в глазах инвесторов благодаря повышению уровня транспарентности и безопасности.

2026 год ознаменовался окончательным переходом к новой модели регулирования рынка ценных бумаг в условиях развития и распространения цифровых активов. Главным документом, официально закрепившим их таксономию, стала совместная интерпретация SEC и CFTC определенных типов криптоактивов и определенных транзакций, связанных с криптоактивами ((Joint Interpretation from the SEC and CFTC on Certain Types of Crypto Assets and Certain Transactions Involving Crypto Assets), принятая 17 марта 2026 г. Так называемая «последняя глава в книге Хоуи» четко определила, какие категории активов не являются ценными бумагами независимо от прохождения ими ранее используемого теста Хоуи: цифровые товары; цифровые коллекционные предметы; цифровые инструменты (билеты, пропуска); стейблкоины. При этом в документе указано, что токенизированные ценные бумаги остаются ценными бумагами вне зависимости от технологии учета [12].

Переходя к российским реалиям регулирования рынка ценных бумаг в условиях цифровизации важно отметить, что, на данный момент в России только формируется законодательное поле по регулированию цифровых финансовых активов.

Согласно закону № 259-ФЗ, цифровыми финансовыми активами «признаются цифровые права, включающие денежные требования, возможность осуществления прав по эмиссионным ценным бумагам, права участия в капитале непубличного акционерного общества, право требовать передачи эмиссионных ценных бумаг, которые предусмотрены решением о выпуске цифровых финансовых активов» [13]. Выпуск и обращение цифровых активов происходит в российских информационных системах, регулируемых Банком России (ЦБ). Работу таких систем обеспечивают операторы - российские юрлица, внесенные в специальный реестр, в который входят крупные банки, биржи и специализированные платформы (всего 19), а к операторам обмена на данный момент из них отнесены только 2: ПАО Московская Биржа и ПАО «СПБ Биржа» [14].

В 2026 г. в России продолжаются поступательные движения по интеграции ЦФА в рынок акций. В марте 2026 г. Правительством РФ был подготовлен проект федерального закона «О цифровой валюте и цифровых правах», согласно которому в России будет создан цифровой депозитарий, в котором будет происходить учет и переход прав на цифровые активы. Вторичный рынок ЦФА будет полностью переведен на биржевую инфраструктуру [15].

Еще одним важным событием для российского рынка ЦФА стало подписание крупными представителями бизнеса открытого меморандума о сотрудничестве в развитии цифровых финансовых активов [16]. В данном рамках данного меморандума ЦФА рассматриваются как инструменты достижения технологического суверенитета посредствам финансирования проектов. Еще одним важным аспектом данного меморандума является работа по улучшению законодательства в сфере ЦФА, что является положительным сигналом для всего рынка в целом.

Заключение

Сравнительный анализ двух моделей внедрения и регуляции токенизированных (цифровых) активов, позволяет сформулировать следующие выводы.

Американская модель представляет собой дифференцированную интеграцию: цифровые активы интегрируются в существующую финансовую систему, но с созданием специальных категорий (цифровые товары, цифровые инструменты) и критериев децентрализации.

В России регуляторную функцию рынка ценных бумаг выполняет, в отличие от США, только одна организация - Банк России, а не несколько комиссий, отвечающие, каждая, за свои виды активов. Это делает вертикаль управления в России более простой и прозрачной, убирая риск несогласованности действий в законодательной сфере.

Еще одним важным отличием является доступность активов для розничных инвесторов. В США не устанавливают ограничений на объемы приобретения цифровых активов, а основным способом защиты инвесторов является требования по раскрытию информации эмитентами. В отличие от США в России действует жесткое лимитирование доступа к рынку между квалифицированными и неквалифицированными инвесторами. Неквалифицированные инвесторы, доля которых на рынке превышает 95% из-за довольно трудновыполнимых требований для получения квалификации, имеют ограниченный доступ к активам на рынке ценных бумаг и, в частности, к ЦФА. Данный подход отражает позицию Центрального банка РФ, который последовательно характеризует цифровые активы как «высокорисковые инструменты», ссылаясь на волатильность. Однако, этот факт снижает привлекательность ЦФА как инструмента инвестирования.

В России продолжается процесс интеграции ЦФА, представляющих по своей сути электронные сертификаты, подтверждающие права инвестора на реальный актив, в рынок акций. Стремление крупнейших российских компаний использовать ЦФА как альтернативный источник финансирования и как средство повышение технологического суверенитета является подтверждением важности данного вида активов. В результате этого процесса ЦФА станут полноценным участником рынка ценных бумаг, с тем же набором посредником, учетом и надзором за эмитентами.

Эволюция нормативно-правового регулирования рынка ценных бумаг США демонстрирует переход в условиях цифровизации к модели «регулирования через классификацию. Если на первом этапе регуляторы пытались действовать на основе теста Хоуи 1946 года при определении актива как ценной бумаги, то начиная с 2025 года современном этапе сформирована многоуровневая система законодательных актов, позволяющая дифференцировать режимы регулирования активов в зависимости от их экономической сущности.

Если регуляторное законодательство в США уже сформировало полноценную систему правоприменения, то в России оно еще на стадии окончательного формирования. Новые российские законопроекты безусловно помогут расширению доли ЦФА на рынке ценных бумаг и упростят способы их покупки и продажи на вторичном рынке. Однако, в условиях существования разделения на квалифицированных и неквалифицированных инвесторов, среди которых на вторых приходится большая доля популяции и наименьший доступ к ЦФА и установленные лимиты

на их покупку, привлечение инвестиций в данные активы будет затруднительным.

В качестве ответной меры на основе американского опыта ЦБ может пойти на постепенное смягчение лимитов на покупки, прийдя в итоге к их полной отмене. В качестве меры противодействия риску в данном случае предлагаем ужесточение требований к эмитентам по раскрытию информации и отражению ее в проспектах ЦФА или на электронных страницах активов. На данный момент на Московской бирже на страницах активов уже помечается, что эмитент не полностью раскрывает ту или иную информацию, но это носит непостоянный характер, в то время как более жесткие стандарты способны повысить доверие со стороны инвесторов и позволить снизить к ним требования по лимитам.

Литература

1. США приравняли ценные бумаги на блокчейне к обычным. РБК. [Электронный ресурс] URL: https://amp.rbc.ru/crypto/news/697b2ef79a7947771a504309 (дата обращения: 30.04.2026).
2. Brož V. (2025), Regulation by enforcement: the impact of Securities and Exchange Commission enforcement actions on crypto valuation. Studies in Economics and Finance, Vol. 42 No. 3 pp. 489–509
3. Kazimirov A. (2024), Regulation by Enforcement: Why the Securities and Exchange Commission's Vision for Digital Asset Markets Lacks Clarity and an Alternative European Model, TTLF Working Papers No. 118, Stanford-Vienna Transatlantic Technology Law Forum.
4. Dumitrescu A. (2025). Unintended Consequences of Technological Innovation in Regulation: Evidence from the SEC's HTTPS Policy. Social Science Research Network (SSRN).
5. Hogan T. (2025). Which Crypto Tokens are Securities? AIER Papers #11. pp. 1-9
6. Backed finance. Статистическая база. [Электронный ресурс] URL: https://backed.fi/ (дата обращения: 30.04.2026).
7. LaCroix K. (2026), SEC: Less Crypto Enforcement, Lower Crypto Recoveries, The D&O Diary.
8. SEC и CFTC: новый день для американских рынков. РБК. [Электронный ресурс] URL: https://companies.rbc.ru/news/Wz3zGf4oDT/sec-i-cftc-novyij-den-dlya-amerikanskih-ryinkov/ (дата обращения: 30.04.2026).
9. Сенат США проголосовал за законопроект о стейблкоинах. Почему это важно. РБК. [Электронный ресурс] URL: https://www.rbc.ru/crypto/news/682c51729a794710284e70a8?from=copy (дата обращения: 30.04.2026).
10. Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins (GENIUS) Act & the banking industry. BNN. [Электронный ресурс] URL: https://www.bnncpa.com/resources/guiding-and-establishing-national-innovation-for-u-s-stablecoins-genius-act-the-banking-industry/ (дата обращения: 30.04.2026).
11. Digital Asset Market Clarity Act of 2025. Congress.gov. [Электронный ресурс] URL: https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/3633/titles (дата обращения: 30.04.2026).
12. Pinedo A. (2026). Joint Interpretation from the SEC and CFTC on Certain Types of Crypto Assets and Certain Transactions Involving Crypto Assets, Mayer|Brown.
13. Закон Российской Федерации «Федеральный закон "О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 31.07.2020 N 259-ФЗ». [Электронный тресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358753/
14. Операторы обмена цифровых финансовых активов. Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://cbr.ru/admissionfinmarket/navigator/ootsfa/ (дата обращения: 30.04.2026).
15. Власти предложили интегрировать ЦФА в российский фондовый рынок. Федресур. [Электронный ресурс] URL: https://fedresurs.ru/news/850027dd-8dd6-4e5d-bab5-00bd0d3df57a (дата обращения: 30.04.2026).
16. На ЦИПР подписан меморандум о ЦФА для проектов в сфере технологической независимости. Lenta.ru. 2026. [Электронный ресурс] URL: https://lenta.ru/news/2026/05/19/na-tsipr-podpisan-memorandum-o-tsfa-dlya-proektov-v-sfere-tehnologicheskoy-nezavisimosti/ (дата обращения: 19.05.2026)

Development of the regulatory environment for digital financial assets in the context of digitalization of the u.s. and Russian securities markets

Zhalilov T.M., Belova L.G.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article provides a comparative analysis of the institutional environment of the U.S. and Russian securities markets in the context of digitalization. The study is based on a formal legal analysis of the countries' regulatory legal acts, as well as an analysis of exchange statistics and industry reports. The research characterizes the current level of legislative development within the framework of national policy implementation in this area and formulates recommendations for improving the regulation of the digital financial assets market in Russia: the introduction of a differentiated classification of digital assets and a gradual easing of purchase limits for various categories of investors.

Keywords: digital financial assets, securities market, digitalization, institutional environment, national policy.

References

1. The U.S. Equated Securities on the Blockchain to Conventional Ones. RBC. [Electronic resource] URL: https://amp.rbc.ru/crypto/news/697b2ef79a7947771a504309 (accessed: 30.04.2026).
2. Brož V. (2025), Regulation by enforcement: the impact of Securities and Exchange Commission enforcement actions on crypto valuation. Studies in Economics and Finance, Vol. 42 No. 3 pp. 489–509.
3. Kazimirov A. (2024), Regulation by Enforcement: Why the Securities and Exchange Commission's Vision for Digital Asset Markets Lacks Clarity and an Alternative European Model, TTLF Working Papers No. 118, Stanford-Vienna Transatlantic Technology Law Forum.
4. Dumitrescu A. (2025). Unintended Consequences of Technological Innovation in Regulation: Evidence from the SEC's HTTPS Policy. Social Science Research Network (SSRN).
5. Hogan T. (2025). Which Crypto Tokens are Securities? AIER Papers #11. pp. 1–9.
6. Backed finance. Statistical Database. [Electronic resource] URL: https://backed.fi/ (accessed: 30.04.2026).
7. LaCroix K. (2026), SEC: Less Crypto Enforcement, Lower Crypto Recoveries, The D&O Diary.
8. SEC and CFTC: A New Day for American Markets. RBC. [Electronic resource] URL: https://companies.rbc.ru/news/Wz3zGf4oDT/sec-i-cftc-novyij-den-dlya-amerikanskih-ryinkov/ (accessed: 30.04.2026).
9. The U.S. Senate Voted for the Stablecoin Bill. Why This is Important. RBC. [Electronic resource] URL: https://www.rbc.ru/crypto/news/682c51729a794710284e70a8?from=copy (accessed: 30.04.2026).
10. Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins (GENIUS) Act & the banking industry. BNN. [Electronic resource] URL: https://www.bnncpa.com/resources/guiding-and-establishing-national-innovation-for-u-s-stablecoins-genius-act-the-banking-industry/ (accessed: 30.04.2026).
11. Digital Asset Market Clarity Act of 2025. Congress.gov. [Electronic resource] URL: https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/3633/titles (accessed: 30.04.2026).
12. Pinedo A. (2026). Joint Interpretation from the SEC and CFTC on Certain Types of Crypto Assets and Certain Transactions Involving Crypto Assets, Mayer|Brown.
13. Law of the Russian Federation "Federal Law 'On Digital Financial Assets, Digital Currency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation' dated 31.07.2020 N 259-FZ". [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358753/.
14. Digital Financial Asset Exchange Operators. Bank of Russia. [Electronic resource] URL: https://cbr.ru/admissionfinmarket/navigator/ootsfa/ (accessed: 30.04.2026).
15. The Authorities Proposed to Integrate DFAs into the Russian Stock Market. Fedresurs. [Electronic resource] URL: https://fedresurs.ru/news/850027dd-8dd6-4e5d-bab5-00bd0d3df57a (accessed: 30.04.2026).
16. A Memorandum on DFAs for Projects in the Sphere of Technological Independence was Signed at CIPR. Lenta.ru. 2026. [Electronic resource] URL: https://lenta.ru/news/2026/05/19/na-tsipr-podpisan-memorandum-o-tsfa-dlya-proektov-v-sfere-tehnologicheskoy-nezavisimosti/ (accessed: 20.05.2026).

Исследование оценки уровня развития экономики пограничных пропускных пунктов Синьцзяна (Китай) в рамках концепции Высококачественного развития Китая

Жэзия Амэнь
кандидат экономических наук, старший преподаватель, Институт международной экономики и торговли, Синьцзянский университет финансов и экономики, 1606744479@qq.com,

Баянь Адили
магистр гуманитарных наук, преподаватель, Институт международной экономики и торговли, Синьцзянский университет финансов и экономики, 1391862820@qq.com

Цель статьи – оценить уровень технологического развития пограничных пунктов и создать подходящую оценочную систему для открытой приграничной экономики. Актуальность работы обусловлена ключевым положением Синьцзяна Китая в рамках инициативы «Один пояс, один путь». Исследование уровня и пространственно-временной эволюции развития местных пограничных пунктов важно как для регионального экономического регулирования, так и для оптимизации глобальных логистических цепочек Китая. Объектом исследования выступают 12 внешнеторговых пограничных пунктов Синьцзяна Китая за период 2011-2023 годов. С использованием метода энтропии и комплексной оценочной модели проведено измерение уровня развития и анализ его пространственно-временных особенностей. Исследования подтвердили существенный рост общего уровня высококачественного развития пограничных пунктов региона. Процесс их развития прошёл стадии подъёма, расцвета, спада из-за пандемии и последующего активного восстановления. Экономика пограничных пунктов отличается высокой устойчивостью и большим потенциалом дальнейшего роста.

Ключевые слова: экономика пограничных пропускных пунктов, высококачественное развитие, комплексная оценка, пространственно-временная эволюция, Синьцзян Китая.

Введение

В 2017 году на XIX съезде КПК были определены ориентиры высококачественного развития и цели создания всесторонней открытой структуры, что подняло статус стратегии открытости страны. Синьцзян Китая выступает ключевой опорной зоной инициативы «Один пояс, один путь», поэтому уровень высококачественного развития его пограничных пунктов напрямую определяет эффективность реализации инициативы и качество межрегиональной связанности. Данное исследование соответствует актуальным потребностям регионального экономического развития. Оно объединяет макроэкономические требования высококачественного развития с конкретными микроиндикаторами пограничных пунктов, формирует научно обоснованную практичную оценочную систему, оценивает уровень развития и его пространственно-временные особенности, предоставляя эмпирическую базу для выработки целенаправленных мер по стимулированию высококачественного развития пограничных пунктов.

Обзор литературы

Современные научные работы по высококачественному развитию и экономике пограничных пропускных пунктов сосредоточены по трем основным направлениям. Первое – исследования высококачественного экономического развития. Сюй Сяньсян и др. (2018) указывают, что высококачественное развитие отличается от традиционной модели и имеет многоаспектное содержание [1]. Жэнь Баосянь (2020) разработал систему показателей высококачественного экономического развития по пяти направлениям: инновация, координация, экологичность, открытость и совместное благосостояние [2]. Ван Сивэй, Чэнь Сикунь (2023) исследовали динамическую эволюцию регионального высококачественного развития с использованием метода ядерной плотности и коэффициента Дагума [3]. Второе направление – исследования экономики пограничных пропускных пунктов. В рамках инициативы «Один пояс, один путь» Сюй Цзяньин (2015) определил Синьцзян Китая как ключевой регион, а пограничные пункты – как стратегические опорные точки [4]. Jun K и др. (2018) доказали положительное влияние интеллектуальной портовой индустрии на региональную экономику [5]. Татьяна Попова (2019) проанализировала особенности и проблемы развития свободного порта Владивосток [6]. Мушаджан Нуреж, Ся Сюэ (2022) изучали координацию экономического развития пограничных пунктов и приграничных территорий [7]. Ли Сюэмэй, Лю Хэхэ (2023) количественно оценили уровень координации между пограничными пунктами Синьцзяна Китая и городами [8]. Фань Айся и др. (2024) составили оценочную систему высококачественного развития пограничных пунктов Юньнаня [9]. Bo Lu, Lu H ,Wang H (2026) создали два индекса и исследовали механизм и пространственную неоднородность влияния интеграции портовых групп на развитие прилегающих территорий [10]. Мурава-Середа А. В. (2025) комплексно оценила роль Михайловского района в экономике Приморского края по статистическим данным. Третье направление – механизмы стимулирования высококачественного развития пограничных пунктов и приграничных регионов [11]. Се Сысинь, Сюнь Сюйминь (2018) предложили пути совершенствования логистики приграничных пунктов на фоне инициативы «Один пояс, один путь» и цифровизации [12]. Юань Ша (2025) изучил пути оптимизации открытости и высококачественного развития приграничных районов в период 15-й пятилетки [13]. Макаров А. А. (2026) проводит качественный анализ цифровой трансформации управления транспортно-логистическими процессами Приморского края [14].

Существующие исследования преимущественно посвящены совершенствованию функций пограничных пунктов, их координированному развитию с городами-носителями и путям совершенствования, при этом комплексные работы по высококачественному развитию сухопутных пограничных пунктов пока недостаточны. Как западный форпост открытости, Синьцзян Китая остро нуждается в изучении уровня и пространственно-временных особенностей развития местных пограничных пунктов для формирования научной основы развития ключевой зоны инициативы «Один пояс, один путь».

Материалы и методы исследования

Исследовательские материалы включают три группы источников: нормативные акты Государственного совета и профильных ведомств,

Данная статья представляет собой поэтапный результат научного гранта Общий проект Фонда социальных наук Синьцзян-уйгурского автономного района Китая на тему «Исследование модели и пути развития экономики пропускных пунктов в рамках концепции Высококачественного развития Китая в контексте пилотной зоны свободной торговли Синьцзяна (Китай)» №.2024BJL044

научные журналы за 2011-2023 годы, а также статистические данные. Экономические показатели приграничных зон и пограничных пунктов взяты из статистических ежегодников Синьцзяна Китая и пунктов пропуска Китая за 2012-2024 годы, недостающие значения рассчитаны по формулам. Система показателей в статьесформирована по трем измерениям: условия, открытое и координированное развитие пунктов пропуска. Оценка уровня их высококачественного экономического развития проведена с помощью энтропийного метода и комплексной оценочной модели.

Таблица 1

Комплексная система оценочных показателей и весовые коэффициенты высококачественного развития экономики пунктов пропуска Синьцзяна Китая

Цель оценки	Первые показатели	Вторые показатели	Пояснение показателей	Тип показателя	Вес показателя
Высококачественное развитие экономики приграничных пунктов пропуска	Условия развития пунктов пропуска	Валовая стоимость транспорта, складского хозяйства (10 тыс. юаней)	Уровень развития логистики	Положительный	0.0769
		Вклад логистической отрасли (%)	Валовая логистическая ДС/ третичного сектора ДС× 100%	Положительный	0.0730
		Политическая поддержка (мера)	Количество принятых ежегодно мер поддержки пунктов пропуска	Положительный	0.1293
	Открытое развитие пунктов пропуска	Грузооборот (10 тыс. тонн)	Результаты транспортного производства	Положительный	0.0568
		Внешнеторговый оборот, (10 млн долл.)	Масштаб внешней торговли	Положительный	0.0405
		Пассажиропоток через границу (чел.)	Масштаб миграции населения	Положительный	0.0713
		Транспортные средства, пересекающие границу (ед.)	Уровень развития логистики	Положительный	0.0976
	Координированное развитие пунктов пропуска	Валовой региональный продукт (10 тыс. юаней)	Общий уровень экономического развития	Положительный	0.0875
		ВРП на душу населения (юань)	Уровень экономического развития	Положительный	0.0840
		Валовая промышленная продукция (10 тыс. юаней)	Уровень промышленного развития	Положительный	0.1756
		Региональные бюджетные доходы (10 тыс. юаней)	Уровень государственных доходов	Положительный	0.0534
		Общий объем розничной продажи потребительских товаров (10 тыс. юаней)	Масштаб рынка	Положительный	0.0541

Построение системы показателей и результаты измерений

Экономическое высококачественное развитие пограничных пунктов зависит от множества факторов. Исходя из его сути и соблюдая принципы научности, системности, динамичности и доступности данных, сформированы три подсистемы: условия, открытое и скоординированное развитие, объединяющие 12 показателей. Полная оценочная система и весовые коэффициенты представлены в таблице 1.

Шаг 1. Стандартизация показателей. Для устранения влияния размерности и масштаба значений и объективной оценки уровня развития предварительно проводится стандартизация исходных данных. Большинство выбранных индикаторов являются положительными. Соответствующая формула приведена ниже:

$$f_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} P_{ij}} \quad (1)$$

В формуле (1) X_{ij} – исходное значение индикатора, X_{min} – минимальное значение индикатора j, X_{max} – максимальное значение индикатора j, P_{ij} – стандартизированное значение индикатора после нормализации, ij обозначает i-й год и j-й индикатор.

Шаг 2. определение весов методом энтропии. Поскольку вклад различных индикаторов неодинаков, необходимо определить веса каждого индикатора. Чем больше вес индикатора, тем больше его влияние на результат оценки. В формуле (2) f_{ij} – это доля значения j-го индикатора в i-м году. По формуле (3) определяется энтропия e_j каждого индикатора. Информационная ценность jj-го индикатора зависит от разности dd между его информационной энтропией e_j и 1. Расчёт d выполняется по формуле (4). Чем больше значение коэффициента ценности d, тем выше важность индикатора для оценки. Наконец, веса W_j рассчитываются по формуле (5).

$$f_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} P_{ij}} \quad (2) \qquad e_j = -k\sum_{i=1}^{n}(f_{ij} \times \ln f_{ij}) \quad (3) \qquad d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{m} d_j} \quad (5) \qquad HQ = \sum_{i=1}^{i=11}(P_{ij} \times W_j) \quad (6)$$

Шаг 3: в исследовании применяется индекс человеческого развития Программа развития ООН, адаптированный под экономику пограничных пунктов для оценки их общего уровня высококачественного развития, расчет приведен в формуле (6). По данной формуле определяется итоговый комплексный индекс развития пограничных пунктов Синьцзяна Китая в диапазоне от 0 до 1: чем ближе значение к единице, тем выше уровень развития, и наоборот.

Измерение уровня высококачественного развития экономики пунктов пропуска Синьцзяна Китая

По результатам расчетов комплексный уровень высококачественного экономического развития пунктов пропуска подразделяется на три этапа развития, как показано на рисунке 1.

Первый этап – стабильный рост (2011-2014). Общий индекс развития плавно вырос с 0,1353 до 0,3063. Максимальный прирост показало скоординированное развитие с 0,0015 до 0,1057, индекс открытого развития поднялся с 0,1039 до 0,1438, а показатель условий развития – с 0,0229 до 0,0568. В этот период в Синьцзяне Китая созданы экономические и таможенные зоны в Хоргосе и Кашгаре, запущена китайско-казахстанская железная дорога в Хоргосе и налажено регулярное движение китайско-европейских поездов. Данные меры обеспечили устойчивый рост всех подсистем высококачественного развития пограничных пунктов.

Второй этап – волнообразный рост (2015-2019). Общий индекс развития увеличился с 0,2503 до 0,5611. Лучше всего вырос показатель условий развития с 0,0458 до 0,1868, индекс скоординированного развития поднялся с 0,0906 до 0,2277, открытого – с 0,1112 до 0,1466. Все подсистемы развивались неравномерно. Активное продвижение инициативы «Один пояс, один путь» и расширение внешнеэкономических связей способствовали волнообразному росту экономики пограничных пунктов.

Третий этап – спад и восстановление (2020-2023). Пандемия коронавируса привела к закрытию многих пунктов пропуска, из-за чего в 2020 году все показатели упали: общий индекс достиг 0,3091, индексы скоординированного, условий и открытого развития составили 0,2043, 0,0601 и 0,0448. С 2021 года началось активное восстановление показателей, в 2023 году общий индекс достиг пика 0,9162, координированное развитие составило 0,4546, условия развития – 0,2058, открытое развитие – 0,2558. На данном этапе Министерство коммерции Синьцзяна Китая опубликовало два документа с мерами поддержки экономики пограничных пунктов пропуска. Высокоэффективные институциональные инновации и систематическое модернизация инфраструктуры способствовали активному восстановлению пограничных пунктов пропуска Синьцзяна Китая.

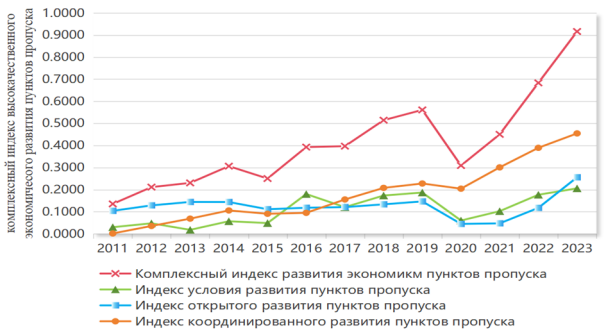


Рисунок 1 Динамика комплексного индекса высококачественного экономического развития пунктов пропуска Синьцзяна Китая

Пространственно-временные особенности эволюции высококачественного экономического развития пунктов пропуска Синьцзяна Китая

1. Общий уровень высококачественного экономического развития 11 пограничных пунктов стабильно растёт, их пространственная структура претерпела значительные изменения.

Индекс высококачественного развития экономики пунктов пропуска показан на рисунке 2. У всех одиннадцати пунктов наблюдается волнообразный рост показателя; значения Иркештана, Тургата и Такешкена значительно повысились и превысили 0,8. Исключение составляет Хуншаньцзуй, где показатель снизился с 0,4851 в 2011 году до 0,3971 в 2023 году. За весь период исследования ранжирование и пространственная структура развития пунктов постоянно менялись (таблица 2). В 2011 году лидировали Хуншаньцзуй, Бакту и Алашанькоу с показателями 0,4851, 0,4519 и 0,3278. К 2023 году первыми стали Иркештан, Такешкен и Тургат с индексами 0,8797, 0,8735 и 0,8169. Такая динамика обусловлена комплексным влиянием политических мер, опережающего развития инфраструктуры и инновационных форм работы пунктов пропуска.

Таблица 2

Значения и рейтинг индекса высококачественного развития экономики пунктов пропуска Синьцзяна Китая

	Ранг 2011 года	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	Ранг 2013 года
Иркештан	10	0.1527	0.2341	0.2676	0.3609	0.6375	0.3524	0.8797	1
Такешкен	6	0.2194	0.1804	0.1505	0.2811	0.4288	0.3429	0.8735	2
Тургат	11	0.1430	0.2360	0.2287	0.5811	0.6037	0.3553	0.8169	3
Цзимунай	7	0.2107	0.2910	0.3818	0.4527	0.5212	0.3078	0.7960	4
Дулата	8	0.1953	0.2967	0.2987	0.4261	0.4604	0.3281	0.7793	5
Алашанькоу	3	0.3278	0.4417	0.2266	0.2585	0.4283	0.4084	0.7075	6
Аэропорт Урумчи	4	0.2378	0.3701	0.4230	0.4465	0.7127	0.5655	0.6923	7
Кунджирап	5	0.2317	0.3696	0.3718	0.4922	0.6314	0.3149	0.6418	8
Лаоемяо	12	0.1305	0.3815	0.1424	0.2932	0.3806	0.2883	0.6120	9
Бакту	2	0.4519	0.5147	0.5025	0.3721	0.3625	0.3557	0.5382	10
Хоргос	9	0.1565	0.3234	0.3967	0.5072	0.2184	0.2476	0.4758	11
Хуншаньцзуй	1	0.4851	0.2234	0.3697	0.2695	0.1425	0.1531	0.3971	12

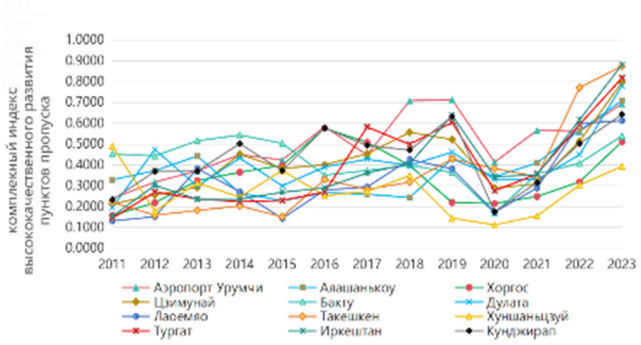


Рисунок 2 Пространственная тенденция эволюции индекса высококачественного развития экономики пунктов пропуска Синьцзяна Китая

2. У 9 пунктов пропуска условия развития демонстрируют волнообразный рост, однако общий уровень остаётся относительно низким.

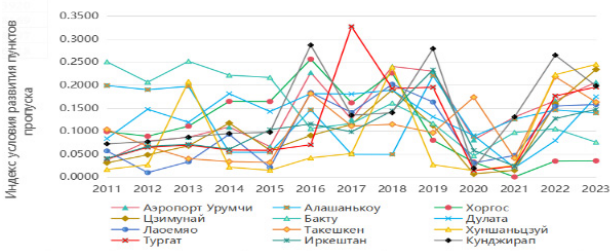


Рисунок 3 Пространственная тенденция эволюции индекса условия развития пунктов пропуска Синьцзяна Китая

Показатель условий развития пунктов отображён на рисунке. У девяти пунктов наблюдается волнообразный рост данного индекса, но все значения не превышают 0,3, указывая на низкий уровень развития. Наиболее выраженный рост отмечен у Хуншаньцзуя, Цзимуная и аэропорта Урумчи: их показатели выросли с 0,0163, 0,0306, 0,0369 в 2011 году до 0,2444, 0,2334, 0,2058 в 2023 году благодаря росту объёмов транспортных и складских работ в 3,73, 1,41 и 2,34 раза соответственно. У Бакту, Хоргоса и Алашанькоу показатель напротив снизился с 0,2499, 0,0983, 0,1984 до 0,0754, 0,0350, 0,1392, что вызвано падением доли логистики в местной экономике с 12,9 %, 9,67 %, 17,63 % до 1,8 %, 2,49 %, 6,58 % к 2021 году. Пандемия COVID-19 резко ухудшила условия развития в 2020 году, после чего показатели оперативно восстановились.

3. У 9 пунктов пропуска уровень открытого развития демонстрирует волнообразный рост и обладает высокой устойчивостью к росту после пандемии.

Динамика открытого развития пунктов показана на рисунке. У девяти пунктов наблюдается волнообразный рост соответствующего индекса. Наибольший рост отмечен у Такешкена, Иркештана и Алашанькоу: их показатели выросли с 0,0637, 0,1127 и 0,1294 в 2011 году до 0,4174, 0,3476 и 0,3132 в 2023 году благодаря увеличению внешнеторгового оборота и пассажиропотока. У Такешкена грузооборот возрос с 96,3 тыс. тонн до 2,802 млн тонн, внешнеторговый оборот – с 245 млн до 705 млн долларов США, к 2023 году численность пересекающих границу людей достигла 115 тыс. человек, транспортных средств – 83 тыс. единиц. У Хуншаньцзуя, аэропорта Урумчи и Лаоемяо данный индекс снизился с 0,4690, 0,1713, 0,0362 до 0,0512, 0,0741, 0,018 соответственно, что обусловлено резким сокращением торговых объемов сезонного пункта Хуншаньцзуй в период пандемии.

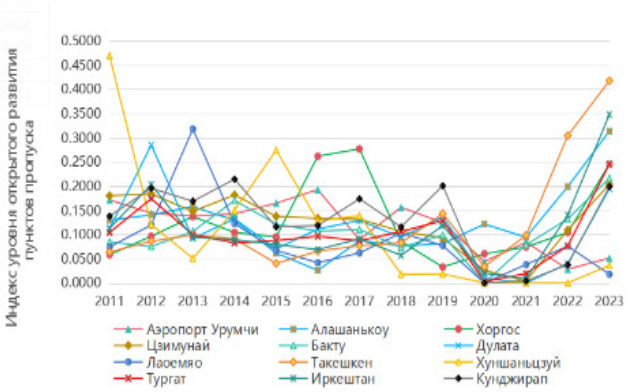


Рисунок 4 Пространственная тенденция эволюции индекса открытого развития пунктов пропуска Синьцзяна Китая

4. У 12 пунктов пропуска уровень скоординированного развития стабильно повышается и демонстрирует комплексный скачок в развитии.

Динамика координированного развития пунктов пропуска показана на рисунке 5. У 12 пунктов наблюдается стабильный рост взаимодействия с прилегающими городами и населёнными пунктами. Наибольший прирост у Лаоемяо, аэропорта Урумчи и Дулата, их индексы в 2023 году превысили 0,4. Уровень экономического развития Баркуля – города-опоры пограничного пункта Лаоемяо в Китае значительно повысился. За период исследования ВВП региона увеличился почти в 4,49 раза при среднегодовом темпе роста 15,86%. Индекс Хуншаньцзуя вырос незначительно и в 2023 году составил всего 0,1102, являясь минимальным по региону. Причина заключается в том, что экономический потенциал города хинтерленда Фухай Китая ограничен, а его промышленная база слаба.

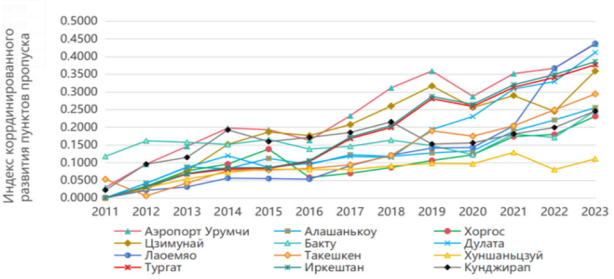


Рисунок 5 Пространственная тенденция эволюции индекса координированного развития пунктов пропуска Синьцзяна Китая

Выводы

На основе реального состояния экономики пограничных пунктов Синьцзяна Китая подобраны 12 показателей по трём направлениям и создана комплексная оценочная модель их высококачественного развития. Проведена оценка общего уровня развития двенадцати пунктов за 2011-2023 годы, получены следующие выводы:

Общий уровень высококачественного экономического развития пограничных пунктов Синьцзяна Китая существенно вырос. Все три под-

системы – условия, открытое и скоординированное развитие – показывают положительную динамику, причем скоординированное развитие является основным фактором роста.

Уровень высококачественного развития отдельных пограничных пунктов Синьцзяна Китая значительно отличается, их рейтинг постоянно меняется, происходит преобразование пространственной структуры.

Уровень высококачественного развития пограничных пунктов Синьцзяна Китая прошло этапы формирования, активного роста, влияния пандемии и последующего восстановления, отличаясь высокой устойчивостью и большим перспективным потенциалом.

Литература

1. Сюй Сяньсян, Ли Шуцюань, Вань Сяньбинь, Би Цинмяо. Выбор целей экономического роста Китая: прекращение «теории коллапса» за счет высококачественного развития [J]. Мировая экономика, 2018, Т. 41, № 10: 3-25.
2. Жэнь Баосянь. Оценка уровня высококачественного развития провинциальной экономики Китая и пути его реализации – микроскопический подход на основе потребительной стоимости [J]. Китайская мягкая наука, 2020, № 10: 175-183.
3. Ван Сивэй, Чэнь Сикунь. Оценка уровня, пространственное распределение и динамическая эволюция высококачественного регионального экономического развития Китая [J]. Статистика и принятие решений, 2023, Т. 39, № 21: 90-96.
4. Сюй Цзяньин. Позиционирование Синьцзяна Китая и строительство ключевого района в контексте «Экономического пояса Шелкового пути» [J]. Вестник Синьцзянского педагогического университета (серия философских и общественных наук), 2015, № 1: 61-67.
5. Jun K W, Lee M, Choi Y J. Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis [J]. Transportation Research Part A, 2018, 118: 480-493.
6. Попова Т. Н., Павленко Г. Ф. Свободный порт Владивосток: проблемы становления // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2019. № 4. С. 35–41.
7. Мушажан Нурежы, Ся Сюэ. Исследование скоординированного развития пограничной экономики и экономики приграничных районов, а также их динамических взаимосвязей [J]. Ежемесячник цен, 2022, № 04: 59-67.
8. Ли Сюэмэй, Лю Хэхэ. Пространственно-временные дифференцированные особенности сопряженно-скоординированного развития сухопутных пограничных пунктов пропуска и базовых городов Синьцзяна Китая [J]. География засушливых районов, 2023, Т. 46, № 01: 149-158.
9. Фань Айся, Пань Хайлань, Ван Сяоцин. Формирование и измерение системы показателей оценки высококачественного развития пограничной экономики – эмпирическое исследование на примере Юньнаня [J]. Вестник Юньнаньского университета национальностей (серия философских и общественных наук), 2024, Т. 41, № 02: 115-128.
10. Lu B, Lu H, Wang H. Port group integration and regional high-quality economic development: Mechanisms and spatial effects [J]. Transport Policy, 2026, Т. 182: 104111.
11. Мурава-Середа А. В. Оценка роли и места Михайловского муниципального округа в социально-экономическом развитии Приморского края [J]. Инновации и инвестиции, 2025, № 07: 399-402.
12. Се Сысинь, Сунь Сюминь. Стратегические размышления о развитии логистики пограничных пунктов пропуска на основе больших данных в рамках инициативы «Один пояс, один путь» – на примере логистики пунктов пропуска Внутренней Монголии, Хэйлунцзяна и Синьцзяна Китая [J]. Ежемесячник цен, 2018, № 01: 73-79.
13. Юань Ша. Исследование оптимизации путей высокоуровневой открытости и высококачественного развития приграничных районов Китая в период «15-й пятилетки» [J]. Обзор региональной экономики, 2025, № 05: 55-63.
14. Макаров А. А. Цифровая трансформация управления транспортно-логистическими процессами в Приморском крае // Инновации и инвестиции. 2026. № 3. С. 433-436.

A Study on Assessing the Economic Development Level of Xinjiang Border Crossing Points (China) under the Framework of China's High-Quality Development Concept

Reziya Aman, Bayan Adili
Xinjiang University of Finance and Economics

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This paper systematically evaluates the high-quality development of land port economies and constructs a comprehensive evaluation system for border open economies. As a core area of the Belt and Road Initiative, Xinjiang is selected as the research object; exploring its land port economy's development level and spatiotemporal evolution is valuable for regional economic governance and China's global supply chain layout optimization. This study takes 12 open land ports in Xinjiang from 2011 to 2023 as samples and adopts the entropy method and comprehensive evaluation model to measure their development level and analyze spatiotemporal characteristics. The results show that Xinjiang's land port economy has achieved notable high-quality development, experiencing growth, prosperity, pandemic shock and sound recovery with strong resilience and development potential.

Keywords：Land port economy, high-quality development, comprehensive evaluation, spatiotemporal evolution, Xinjiang, China.

References

1. Xu Xianxiang, Li Shuquan, Wan Xianbin, Bi Qingmiao. Choosing China's Economic Growth Targets: Ending the "Collapse Theory" through High-Quality Development [J]. World Economy, 2018, Vol. 41, No. 10: 3-25.
2. Ren Baoxian. Assessing the Level of High-Quality Development of China's Provincial Economy and the Ways to Achieve It - A Microscopic Approach Based on Use Value [J]. Chinese Soft Science, 2020, No. 10: 175-183.
3. Wang Xiwei, Chen Sikun. Assessing the Level, Spatial Distribution, and Dynamic Evolution of China's High-Quality Regional Economic Development [J]. Statistics and Decision Making, 2023, Vol. 39, No. 21: 90-96.
4. Xu Jianying. Positioning of China's Xinjiang and Construction of a Key Region in the Context of the "Silk Road Economic Belt" [J]. Bulletin of Xinjiang Normal University (Philosophical and Social Sciences Series), 2015, No. 1: 61-67.
5. Jun K W, Lee M, Choi Y J. Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis [J]. Transportation Research Part A, 2018, 118: 480-493.
6. Popova T. N., Pavlenko G. F. Free Port of Vladivostok: Problems of Formation // Bulletin of FEFU. Economics and Management. 2019. No. 4. P. 35-41.
7. Mushazhan Nurezhi, Xia Xue. Research on the Coordinated Development of Frontier Economy and Border Area Economy and Their Dynamic Interrelations [J]. Price Monthly, 2022, No. 04: 59-67.
8. Li Xuemei, Liu Hehe. Spatio-temporal Differentiated Features of the Coordinated Development of Land Border Crossing Points and Base Cities of Xinjiang, China [J]. Geography of Arid Areas, 2023, Vol. 46, No. 01: 149-158.
9. Fan Aixia, Pan Hailan, Wang Xiaoqing. Formation and Measurement of the Indicator System for Assessing High-Quality Development of Frontier Economy – An Empirical Study on the Example of Yunnan [J]. Bulletin of Yunnan University of Nationalities (Philosophical and Social Sciences Series), 2024, Vol. 41, No. 02: 115-128.
10. Lu B, Lu H, Wang H. Port group integration and regional high-quality economic development: Mechanisms and spatial effects [J]. Transport Policy, 2026, Vol. 182: 104-111.
11. Murava-Sereda AV Assessing the Role and Place of the Mikhailovsky Municipal District in the Socio-Economic Development of Primorsky Krai [J]. Innovations and Investments, 2025, No. 07: 399-402.
12. Xie Sixin, Sun Xiumin. Strategic Reflections on the Development of Border Crossing Logistics Based on Big Data under the Belt and Road Initiative – The Case of Inner Mongolia, Heilongjiang and Xinjiang Crossing Logistics in China [J]. Price Monthly, 2018, No. 01: 73-79.
13. Yuan Sha. Research on Optimizing Paths for High-Level Opening-Up and High-Quality Development of China's Border Areas during the 15th Five-Year Plan Period [J]. Regional Economic Review, 2025, No. 05: 55-63.
14. Makarov A. A. Digital Transformation of Transport and Logistics Process Management in Primorsky Krai // Innovations and Investments. 2026. No. 3. pp. 433-436.

Эффективность реализации национального проекта «международная кооперация и экспорт» в регионах Сибирского федерального округа

Карасева Дарья Николаевна
аспирант, Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ» (НГУЭУ), dmitrypopovv97@mail.ru

Цель: Оценка эффективности реализации национального проекта «Международная кооперация и экспорт» на примере регионов Сибирского федерального округа (СФО) и разработка предложений по повышению результативности региональной экспортной политики.
Методы: Исследование базируется на системном и сравнительном анализе. Использованы методы экономико-статистического анализа, контент-анализ официальных документов (паспортов нацпроекта, региональных программ), данные Российского экспортного центра и отчетов центров поддержки экспорта субъектов СФО.
Результаты: Выявлена значительная региональная неоднородность в реализации проекта в СФО, обусловленная отраслевой специализацией и уровнем развития инфраструктуры. Определены ключевые проблемы: логистические барьеры, низкая устойчивость контрактов МСП и дефицит компетенций. Установлено, что эффективность участия в международных выставках напрямую зависит от качества пост-сопровождения экспортеров.
Выводы: Обоснована необходимость перехода от количественных показателей (объем экспорта) к качественным (устойчивость связей, количество вовлеченных МСП). Предложены направления повышения эффективности: формирование единого межрегионального экспортного офиса СФО, внедрение цифровых сервисов логистики и развитие механизмов пост-контрактного сопровождения.
Ключевые слова: национальный проект; международная кооперация; экспорт; Сибирский федеральный округ; центры поддержки экспорта; несырьевой неэнергетический экспорт; малое и среднее предпринимательство; дружественные страны.

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающей значимостью международной кооперации для устойчивого развития российской экономики в условиях санкционного давления и трансформации мировых торговых маршрутов. Национальный проект «Международная кооперация и экспорт» выступает ключевым инструментом государственной политики, направленным на развитие несырьевого неэнергетического экспорта и поддержку экспортно ориентированных предприятий [1, с. 5]. Особую значимость данная проблематика приобретает для регионов Сибирского федерального округа (СФО), обладающих значительным промышленным и аграрным потенциалом, но характеризующихся неоднородной вовлеченностью во внешнеэкономическую деятельность.

Цель исследования состоит в оценке эффективности реализации национального проекта в субъектах СФО и разработке практических предложений по повышению результативности региональной экспортной политики. Для достижения цели были решены задачи: раскрыто содержание проекта, проанализированы особенности его реализации в СФО, выявлены ключевые проблемы и направления взаимодействия с дружественными странами.

Литературный обзор

Степень научной разработанности проблемы характеризуется наличием ряда фундаментальных исследований. Общие тренды деглобализации и трансформации мировой экономики рассмотрены в работе А.С. Булатова [10]. Региональные аспекты развития Сибири в условиях современных вызовов раскрыты в статье В.В. Куимова и С.А. Самусенко [4]. Проблематика экономического суверенитета и переориентации экспортных потоков исследована А.Ю. Филиным и О.В. Танимовым [5].

Вопросы поддержки экспорта на региональном уровне рассматриваются в работах Е.А. Бахтаировой и А.М. Трапезниковой, которые предлагают подходы к совершенствованию оценки деятельности центров поддержки экспорта (ЦПЭ) [2]. В.В. Рыбаков анализирует инструменты поддержки освоения новых внешних рынков в условиях санкций [3]. Однако, как показывает анализ, комплексных исследований эффективности реализации национального проекта именно на примере субъектов СФО недостаточно, что и определяет научную новизну данной работы.Вопросы поддержки экспорта на региональном уровне рассматриваются в работах Е.А. Бахтаировой и А.М. Трапезниковой, которые предлагают подходы к совершенствованию оценки деятельности центров поддержки экспорта (ЦПЭ) [5]. В.В. Рыбаков анализирует инструменты поддержки освоения новых внешних рынков в условиях санкций [6]. Однако, как показывает анализ, комплексных исследований эффективности реализации национального проекта именно на примере субъектов СФО недостаточно, что и определяет научную новизну данной работы.

Материалы и методы

Теоретической основой послужили труды отечественных авторов по региональной экономике и внешнеэкономической деятельности. Информационно-эмпирическую базу составили официальные материалы Правительства РФ, паспорт национального проекта «Международная кооперация и экспорт» (2025-2030), данные Российского экспортного центра (РЭЦ), а также региональные программы развития экспорта и отчеты ЦПЭ Республики Алтай, Красноярского края, Новосибирской и Омской областей [7; 8].

Методологическую основу составляют системный, сравнительный и институциональный подходы. В работе использованы методы анализа и синтеза, группировки, контент-анализа официальных документов, а также методы оценки эффективности управленческих решений.

Результаты

Реализация национального проекта в СФО имеет выраженную региональную специфику. По данным РЭЦ, в 2024 году СФО обеспечил 13% всего несырьевого неэнергетического экспорта России [9]. Однако анализ показывает значительную дифференциацию субъектов (таблица 1).

Исследование опыта участия в международных выставках и бизнес-миссиях (2023-2024 гг.) показало, что наибольшую эффективность демонстрируют мероприятия в «дружественных странах» (Китай, Казахстан, Монголия, Вьетнам). Однако выявлена проблема «разорванного

цикла»: 60% контактов, установленных на выставках, не переходят в контракты из-за слабого пост-выставочного сопровождения и отсутствия у малых предприятий ресурсов на сертификацию.

Таблица 1
Специфика реализации национального проекта в субъектах СФО

Субъект СФО	Основная специализация экспорта	Ключевой результат в рамках проекта
Новосибирская область	Продукция АПК, оборудование	Лидер в Сибири по экспорту АПК (55 стран), заключение контрактов на $27 млн [7]
Алтайский край	Продовольствие (пшеница, масла)	Высокая доля экспорта в Монголию (99%), расширение числа экспортеров на 30% [10]
Иркутская область	Лесопродукция, химия	Рост внешнеторгового оборота на 12%, удвоение экспорта в Монголию [8]
Кемеровская область	Уголь, продукция переработки	Диверсификация экономики через несырьевой экспорт (Китай, Беларусь)
Томская область	Лес, машиностроение, инновации	Охват 83 стран мира, приоритет Узбекистан и Китай по лесопродукции

Анализ влияния бизнеса на экономику СФО показал, что основная масса поддержанного экспорта приходится на 10-15 крупных региональных компаний. Вклад малого и среднего предпринимательства (МСП), несмотря на рост числа получателей услуг ЦПЭ (в среднем на 18% за 2024 г.), остается низким в общем объеме. Центры поддержки экспорта Красноярского края и Хакасии демонстрируют успешные кейсы вовлечения МСП, но тиражирование этих практик затруднено из-за кадровых ограничений.

Обсуждение

Проведенный анализ позволяет констатировать, что ключевыми проблемами реализации проекта в СФО являются:

— Логистические барьеры: удаленность от морских портов и рост тарифов на перевозки нивелируют ценовое преимущество сибирских производителей.

— Институциональные разрывы: недостаточная координация между ЦПЭ разных субъектов СФО приводит к дублированию мероприятий и конкуренции за одних и тех же экспортеров.

— Ограниченность инструментов для МСП: дефицит оборотных средств у малых фирм для предоплаты сертификации и участия в выставках (даже при компенсации части затрат).

В противовес существующей практике оценки эффективности по объему оказанных услуг (человеко-часы, количество консультаций), предлагается акцентировать внимание на показателе «устойчивость экспортного контракта» (пролонгация более 1 года). Для развития экспортного потенциала МСП необходимо внедрение механизма «Экспортного акселератора» с пост-контрактным факторингом.

Заключение

Реализация национального проекта «Международная кооперация и экспорт» в Сибирском федеральном округе демонстрирует положительную динамику, выражающуюся в переориентации товаропотоков на рынки дружественных стран (Китай, Индия, Казахстан) и росте числа вовлеченных предприятий. Однако эффективность проекта сдерживается региональной неоднородностью, логистическими ограничениями и недостаточной устойчивостью экспортных связей малого бизнеса.

Для повышения эффективности предлагается:

— Создание межрегионального координационного центра СФО по экспорту для унификации мер поддержки и лоббирования логистических тарифов.

— Внедрение цифровой платформы «Экспортный навигатор СФО» для поиска партнеров и совместных партий товаров (консолидация грузов).

— Запуск программы «Пост-выставочный трекинг» с финансированием сертификации и перевода документации для МСП-участников бизнес-миссий.

Реализация данных предложений позволит трансформировать экспортный потенциал СФО из ресурсного в технологический и промышленный.

Литература

1. Паспорт национального проекта «Международная кооперация и экспорт» (2025–2030). – URL: https://mbnso.ru/upload/medialibrary/02a/Паспорт_НП_Международная_кооперация_и_экспорт_2025-2030.pdf (дата обращения: 28.05.2026).
2. Бахтаирова, Е. А. Совершенствование оценки деятельности по поддержке внешнеэкономической деятельности малого и среднего бизнеса на региональном уровне / Е. А. Бахтаирова, А. М. Трапезникова // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 679–694.
3. Рыбаков, В. В. Инструменты поддержки освоения новых внешних рынков в условиях санкций / В. В. Рыбаков // Экономические отношения. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 505–518.
4. Куимов, В. В. Эффективность региональных экспортных стратегий в Сибирском федеральном округе / В. В. Куимов, С. А. Самусенко // Региональная экономика: теория и практика. – 2024. – Т. 22, № 6. – С. 1052–1070.
5. Филин, А. Ю. Деглобализация и переориентация экспортных потоков: региональный аспект / А. Ю. Филин, О. В. Танимов // Экономика и управление. – 2025. – № 2. – С. 45–58.
6. Экспортные компании Новосибирской области с господдержкой заработали более 27 млн долл. США в 2024 году // Мой бизнес Новосибирская область : официальный сайт. – URL: https://www.mbnso.ru/news/
7. В 2024 году внешнеторговый оборот Приангарья увеличился на 12 % // Национальные проекты России. – URL: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/news/
8. Выбраны лучшие экспортеры Сибирского федерального округа // Российский экспортный центр : официальный сайт. – URL: https://www.exportcenter.ru/press_center/ (дата обращения: 28.05.2026).
9. На Алтае почти на 30 % выросло число компаний-экспортеров // Альта-Софт. – URL: https://www.alta.ru/sfo_news/107109/ (дата обращения: 28.05.2026).
10. Булатов, А. С. Эволюция международной кооперации в условиях новой экономической реальности / А. С. Булатов // Российский внешнеэкономический вестник. – 2024. – № 1. – С. 7–22.

Efficiency of implementation of the national project "international cooperation and export" in the regions of the Siberian federal district

Karaseva D.N.
Novosibirsk State University of Economics and Management "NINH" (NSUEM)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Objective: To assess the effectiveness of the implementation of the national project "International Cooperation and Export" in the regions of the Siberian Federal District (SFD) and to develop proposals for improving the effectiveness of regional export policy.

Methods: The research is based on systemic and comparative analysis. Methods of economic-statistical analysis, content analysis of official documents (passports of the national project, regional programs), data from the Russian Export Center and reports of export support centers of the SFD constituent entities were used.

Results: Significant regional heterogeneity in the implementation of the project in the SFD was revealed, due to industry specialization and the level of infrastructure development. Key problems were identified: logistical barriers, low sustainability of SME contracts and lack of competencies. It was established that the effectiveness of participation in international exhibitions directly depends on the quality of post-exhibition support for exporters.

Conclusions: The necessity of transition from quantitative indicators (export volume) to qualitative ones (sustainability of ties, number of involved SMEs) is substantiated. Directions for improving efficiency are proposed: formation of a single interregional export office of the SFD, introduction of digital logistics services and development of post-contract support mechanisms.

Keywords: national project; international cooperation; export; Siberian Federal District; export support centers; non-resource non-energy export; small and medium-sized enterprises; friendly countries.

References

1. Passport of the national project "International Cooperation and Export" (2025–2030). – URL: https://mbnso.ru/upload/medialibrary/02a/Паспорт_НП_Международная_кооперация_и_экспорт_2025-2030.pdf (accessed: 28.05.2026).
2. Bakhtairova, E.A., Trapeznikova, A.M. Improving the Assessment of Support Activities for Foreign Economic Activity of Small and Medium-Sized Businesses at the Regional Level // Creative Economy. – 2025. – Vol. 19, No. 3. – P. 679–694. – DOI 10.18334/ce.19.3.122687.
3. Rybakov, V.V. Tools to Support the Development of New Foreign Markets under Sanctions // Economic Relations. – 2024. – Vol. 14, No. 3. – P. 505–518. – DOI 10.18334/eo.14.3.121447.
4. Kuimov, V.V., Samusenko, S.A. Efficiency of Regional Export Strategies in the Siberian Federal District // Regional Economics: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 22, No. 6. – P. 1052–1070. – DOI 10.24891/re.22.6.1052.
5. Filin, A.Yu., Tanimov, O.V. Deglobalization and Reorientation of Export Flows: Regional Aspect // Economics and Management. – 2025. – No. 2. – P. 45–58. – DOI 10.35854/1998-1627-2025-2-45-58.
6. Export companies of the Novosibirsk region with state support earned more than $27 million in 2024 // My Business Novosibirsk Region : official website. – URL: https://www.mbnso.ru/news/ (accessed: 28.05.2026).
7. In 2024, the foreign trade turnover of the Angara region increased by 12% // National Projects of Russia. – URL: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/news/ (accessed: 28.05.2026).
8. The best exporters of the Siberian Federal District have been selected // Russian Export Center : official website. – URL: https://www.exportcenter.ru/press_center/ (accessed: 28.05.2026).

Специфика мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности

Кузьменко Светлана Сергеевна
доцент кафедры международной экономики, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского

В статье усовершенствован научно-методический подход к определению специфических слагаемых мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности, который, в отличие от существующих, включает доминанты: рост спортивной и уличной моды, устойчивое потребление, влияние соцсетей и инфлюенсеров, технологические инновации, персонализация, сезонность и климатические факторы. На основе исследования теоретических аспектов международной торговли и анализа мирового рынка головных уборов определены перспективные направления совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов; обоснованы стратегические аспекты международной торговли на исследуемом рынке; предложены рекомендации по реализации направлений повышения эффективности внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов в условиях экосистемной резильентности.

Ключевые слова: мировой рынок, экосистемная резильентность, конъюнктура, рынок головных уборов, отраслевая геосегментация.

В условиях экосистемной резильентности анализ специфики мирового рынка головных уборов приобретает особенную значимость. Выявление особенностей функционирования мирового рынка головных уборов является необходимым для успешного ведения бизнеса на данном товарном рынке. На рассматриваемом рынке постоянно сохраняется спрос, однако также он характеризуется сезонностью. Актуальность темы исследования обусловлена совокупностью факторов: значительным ростом продаж головных уборов на мировом рынке, активной деятельностью на исследуемом рынке крупнейших ТНК, постоянным проявлением заинтересованности потребителей к инновациям мирового рынка головных уборов.

Тематику исследования международной торговли головными уборами представили в научных работах следующие учёные: Тищенко Ю. С., Васильева Е. А. [1, с. 61-68], Абдель Вахед А. Э., Азанова А. А. [2, с. 52-57], Антонова А. С. [3, с. 418-425], Максимова С. М., Блохина Н. А. [4, с. 50-53], Штеле Е. В., Ревякина О. В. [5, с. 172-175], Кудряшова Д. А., Денисова О. И., Погорелова М. Л. и др. Публикации и исследования о мировом рынке головных уборов немногочисленны. Комплексная диагностика особенностей внешней торговли хозяйствующих субъектов на мировом рынке головных уборов в экономической литературе отсутствует, что подтверждает необходимость дальнейшей диагностики.

Целью работы является исследование специфики мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности. Достижение этой цели требует решения следующих задач: изучить конъюнктурные тенденции развития мирового головных уборов в условиях экосистемной резильентности; определить специфические особенности деятельности хозяйствующих субъектов на мировом рынке головных уборов; представить перспективные направления совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов; обосновать стратегические аспекты международной торговли на рынке головных уборов; предложить рекомендации по реализации направлений повышения эффективности внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов в условиях экосистемной резильентности. Методология исследования включает в себя комплексный анализ факторов воздействия конъюнктуры на состояние внешнеторговой деятельности хозяйствующих субъектов, структурный и динамический анализ статистических данных о внешнеторговых потоках, а также синтез полученных результатов. Получена количественная оценка специфики рынка головных уборов в контексте интенсификации международной торговли. Основа логики исследования включает сочетание теоретического и эмпирического анализа воздействия совокупности конъюнктурных факторов на интенсификацию международной торговли, как специфики мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности.

В соответствии с Международным классификатором товаров и услуг (МКТУ-12) [6; 7] мировой рынок головных уборов представлен классом 25. Класс 25 МКТУ-12 включает следующие номенклатурные позиции: одежда, обувь, головные уборы. В соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (ОКПД-2) [8; 9] типизация продукции мирового рынка головных уборов представлена позициями раздела С – Продукция обрабатывающих производств, класса 14 – Одежда. В соответствии с Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности ЕАЭС (ТН ВЭД ЕАЭС) [10] мировой рынок головных уборов представлен номенклатурными позициями группы 65 – Головные уборы и их части. Следует отметить, что типизация продукции (услуг) мирового рынка головных уборов в соответствии с МКТУ-12 [6; 7], ОКПД-2 [8; 9] и ТН ВЭД ЕАЭС [10] не совпадает. Целесообразным является исследование номенклатурных позиций мирового рынка головных уборов в соответствии со Стандартной международной торговой классификацией ООН (СМТК ООН) [11] и Гармонизированной системой описания и кодирования товаров Всемирной таможенной организации (ГС ВТамО) [12]. Номенклатурные позиции мирового рынка головных уборов ГС ВТамО и ТН ВЭД ЕАЭС имеют одинаковые коды, что подтверждает целесообразность использования статистических данных группы 65 для сопоставления соответствующих показателей в странах мира.

Конъюнктурные тенденции развития мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности [13; 14] представлены в табл. 1.

Основными ТНК на мировом рынке головных уборов являются следующие хозяйствующие субъекты: Borsalino, Stetson, New Era, Goorin

Bros., Bailey of Hollywood, Kangol, Helen Kaminski, Christy's London, Brixton, Tilley и др. Специфические особенности деятельности хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов [3, с. 419-424; 4, с. 52; 5, с. 174] представлены в табл. 2.

Таблица 1

Конъюнктурные тенденции развития мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности [13; 14]

№ п/п	Конъюнктурные тенденции
1.	Значительный рост объёма мирового рынка головных уборов в силу увеличения использования спортивных и смежных видов деятельности спортсменами
2.	Увеличение спроса на продукцию мирового рынка головных уборов в силу растущего использования продукции велосипедистами, армейскими войсками и пожарными в качестве защитного оборудования
3.	Актуализация технологически продвинутых продуктов на исследуемом рынке (умные шлемы и т. п.)
4.	Экологизация мировой отрасли головных уборов (рост использования устойчивых и экологически чистых материалов, таких как переработанные ткани и органический хлопок)
5.	Персонализация продукции мирового рынка головных уборов, которая позволяет использовать уникальные дизайны и вышивки
6.	Сотрудничество (коллаборация) модных брендов и спортивных команд, что способствует внедрению эксклюзивных и ограниченных коллекций головных уборов на мировой рынок
7.	Дальнейшее развитие электронной коммерции, онлайн-покупок, влиятельного маркетинга, что приводит к узнаваемости брендов и росту доли сегмента каналов онлайн-дистрибуции на мировом рынке головных уборов
8.	Увеличение инвестиций в НИОКР основными хозяйствующими субъектами рынка головных уборов для внедрения привлекательных решений с целью удовлетворения потребителей исследуемой отрасли

Основными производителями российских головных уборов являются следующие хозяйствующие субъекты: ООО «Шанти Пунти», ООО «Катри», ОАО «Фетровая Фабрика», ООО «Трикотаж-Владимир», ООО «ТИГорЪ», ООО Текстильная фабрика «Звезда», ООО «Тамаша» и др.

Таблица 2

Специфические особенности деятельности хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов [3, с. 419-424; 4, с. 52; 5, с. 174]

№ п/п	Специфические аспекты
1	2
1.	Расширение глобального рынка головных уборов, что включает широкое использование продукции в тенденциях спортивного досуга и появление модных стилей
2.	Доминирование Северной Америки и Азиатско-Тихоокеанского региона как основных региональных рынков головных уборов
3.	Универсализация и индивидуализация бейсболок на мировом рынке головных уборов (печать логотипов на заказ, оригинальный дизайн)
4.	Влияние на потребительский спрос следующих параметров: географическое положение, цена, сегмент, качество, бренд, возраст, пол и т. п. (высокая сегментация потребителей)
5.	Вариация эластичности спроса на головные уборы в зависимости от ценового сегмента
6.	Учёт хозяйствующими субъектами отрасли факторов, определяющих предпочтения потребителей исследуемого рынка: развитие Интернет-торговли и новых технологий ритейла, ускорение циклов производства и сроков доставки головных уборов, рост новых категорий потребителей, старение населения развитых стран мира, популяризация рационального потребления и т. п.
7.	Цифровизация мирового рынка головных уборов (продажи продукции посредством онлайн-магазинов – монобрендовых, мультибрендовых, крупных сетевых и нишевых ритейлеров; создание брендами отдельного контента и рекламных кампаний для социальных сетей)
8.	Совмещение онлайн-торговли и прямых каналов продаж в магазинах головных уборов (открытие хозяйствующими субъектами шоу-румов или пунктов выдачи заказанных товаров, где есть возможность примерить или обменять заказ)
9.	Соблюдение экологических нормативов, отказ от токсичных красителей и компонентов, соответствие требованиям трудового законодательства, проверка поставщиков тканей и материалов на предмет гуманного отношения к животным, что в совокупности имеет высокий репутационный эффект, является конкурентным преимуществом для производителя головных уборов

Специфические аспекты внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов [3, с. 418-425; 4, с. 50-53; 5, с. 172-175] представлены в табл. 3.

В современных условиях перспективные направления совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов включают компоненты, представленные в табл. 4.

Реализация перспективных направлений совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов имеет взаимосвязь с общими тенденциями основных индикаторов международной торговли головными уборами в условиях экосистемной резильентности. Следует уточнить, что реализация комплекса перечисленных перспективных направлений совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов имеет рекомендательный характер.

Реализация перспективных направлений совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов актуализируется в соответствии с основными стратегическими аспектами международной торговли на исследуемом рынке в условиях экосистемной резильентности (табл. 5): влияние мировых тенденций на рынке головных уборов; учёт потребительских предпочтений; инновационный вектор развития предприятий отрасли; цифровая трансформация рынка; социальная ответственность бизнеса и др.

Таблица 3

Специфические аспекты внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов [3, с. 418-425; 4, с. 50-53; 5, с. 172-175]

№ п/п	Специфические аспекты
1.	Значительный рост производства головных уборов в Российской Федерации, что подтверждает тенденцию роста объёмности рынка
2.	Достаточная стабильность производственной структуры российского рынка головных уборов по федеральным округам (основной объём продукции, в т. ч. экспорт головных уборов, обеспечивают хозяйствующие субъекты Центрального, Приволжского и Северо-Западного федеральных округов)
3.	Актуализация российского производства уборов головных защитных и средств защиты прочих
4.	Увеличение стоимости российского экспорта головных уборов в силу значительного роста производства и устойчивого развития предприятий исследуемой отрасли
5.	Стабильное наращивание стоимости импортных головных уборов
6.	Зависимость внешней торговли головными уборами Российской Федерации от соответствия актуальным мировым трендам исследуемого рынка (актуализация в массовом производстве следующих видов головных уборов: шляпа-федора, шапка бини, шапка бобл, кепка мальчика пекаря, панама-ведро, французский берет, капор, меховая шапка и др.)
7.	Приоритизация международных выставок шляп и соответствующих аксессуаров в качестве эффективного инструмента внешней торговли головными уборами Российской Федерации

Таблица 4

Перспективные направления совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов (Составлено автором)

Векторы	Перспективные направления
1	2
Объёмы рынка	Сохранение положительной динамики международной торговли головными уборами посредством дальнейшего роста объёмов мирового экспорта и мирового товарооборота, постепенного уменьшения объёмов мирового импорта
	Дальнейшее увеличение объёмов мирового экспорта и мирового товарооборота посредством учёта базовых прогнозных сценариев роста показателей при планировании финансовых результатов хозяйствующих субъектов
Результативность международной торговли	Сохранение положительных значений сальдо торгового баланса и сохранение положительной долгосрочной динамики посредством дальнейшего роста мировых объёмов экспорта головных уборов, постепенного уменьшения объёмов мирового импорта головных уборов
Структура мирового рынка	Сглаживание структурного дисбаланса в международной торговле головными уборами посредством дальнейшего роста объёмов экспорта предприятий на рынке
	Оптимизация географической структуры международной торговли на рынке головных уборов посредством дальнейшего наращивания объёмов экспорта Германии, Италии, Нидерландов, Франции, США, а также Мексики, Польши, Японии, Испании; постепенного роста доли экспорта головных уборов Китая и др.; дальнейшего уменьшения доли импорта головных уборов из Японии, Великобритании и др.; постепенного уменьшения объёмов импорта головных уборов из Канады
Финансовые результаты	Обеспечение эффективного уровня международной торговли хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов посредством преодоления динамики колебаний ежегодных темпов роста показателя, сохранения положительной динамики эффективности международной торговли хозяйствующих субъектов в долгосрочном периоде, стабилизации тенденции исследуемого показателя, учёта базовых прогнозных сценариев роста эффективности международной торговли хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов при долгосрочном планировании финансовых результатов экономической деятельности
	Сохранение эффективного уровня внешнеторговой деятельности предприятий Китая, Италии; преодоление негативной динамики эффективности внешней торговли головными уборами Китая, Италии; достижение эффективного уровня внешней торговли предприятий Германии на рынке головных уборов; дальнейшее обеспечение положительной динамики эффективности внешней торговли предприятий Германии на рынке головных уборов посредством адаптации комплекса мер по оптимизации географии международной торговли головными уборами; цифровизации исследуемой отрасли; привлечению инвестиций, в т. ч. в НИОКР; геолокации ТНК; геосегментации мирового рынка головных уборов; геопозиционированию головных уборов, в т. ч. сопутствующей продукции и соответствующих аксессуаров, на основе комплекса геомаркетинга и т. п.

Таблица 5

Стратегические аспекты международной торговли на рынке головных уборов (Составлено автором)

Аспекты	Компоненты
1	2
Влияние мировых тенденций рынка головных уборов	Реализация перспективных направлений совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов в условиях конъюнктурных изменений относительно основных составляющих (см. табл. 4): объёмы рынка; результативность международной торговли; структура мирового рынка; финансовые результаты
Учёт потребительских предпочтений	Тщательная проработка ассортиментной политики предприятий на рынке головных уборов; расширение ассортимента предприятиями рынка головных уборов, что позволяет удовлетворить предпочтения потребителей и размывает границы между категориями; дальнейшее увеличение спроса на продукцию мирового рынка головных уборов в силу растущего использования продукции велосипедистами, армейскими войсками и пожарными в качестве защитного оборудования; сотрудничество (коллаборация) модных брендов и спортивных команд, что способствует внедрению эксклюзивных и ограниченных коллекций головных уборов на мировой рынок; персонализация продукции рынка, которая позволяет использовать уникальные дизайны и вышивки
Инновационный вектор развития предприятий отрасли	Внедрение новых технологий и проведение технологических исследований относительно тестирования качества продукции; актуализация сектора высоких технологий на рынке головных уборов, что ведёт к реструктуризации отрасли в силу конкурентоспособности продукции на мировом рынке, в т. ч. предложение предприятиями отрасли инновационных технологий в производстве головных уборов (реализация стратегических инициатив мировых производителей головных уборов посредством осуществления инвестиций в исследования и разработки для запуска новых продуктов отрасли, укрепления основных позиций ТНК на мировом рынке головных уборов)
Цифровая трансформация рынка	Расширение каналов реализации головных уборов (онлайн-магазин и другие каналы продаж); изменение ландшафта мировой розничной торговли головными уборами в силу влияния цифровых платформ, электронной коммерции, предоставления онлайн-каналами потребителям широкого спектра возможностей и удобного опыта покупок; развитие продаж головных уборов и сопутствующих товаров в цифровом пространстве, что ведёт к увеличению количества продавцов, расширению и усложнению спектра применяемых бизнес-моделей, размывает границы между каналами цифровых продаж
Социальная ответственность бизнеса	Повышение осведомлённости о происхождении исследуемых товаров и цепочках их поставок; контроль сертификации продукции на мировом рынке головных уборов и соответствующие проверки качества продукции исследуемой отрасли на мировом рынке; поддержка инициатив экологичности и устойчивого развития предприятий на рынке головных уборов (экологизация мировой отрасли головных уборов (рост использования устойчивых и экологически чистых материалов, таких как переработанные ткани и органический хлопок)

Совершенствование функционирования хозяйствующих субъектов Российской Федерации на мировом рынке головных уборов предполагает систематизацию рекомендаций по реализации направлений повышения эффективности внешней торговли российских предприятий, содержащих компоненты, представленные в табл. 6.

Таблица 6

Рекомендации по реализации направлений повышения эффективности внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов (Составлено автором)

Аспекты	Рекомендации
1	2
Объёмы рынка	Сохранение положительной динамики внешней торговли головными уборами России посредством дальнейшего роста объёмов российского экспорта и постепенного уменьшения российского импорта головных уборов, дальнейшего роста объёмов внешнеторгового оборота головных уборов
	Обеспечение дальнейшего увеличения объёмов российского экспорта головных уборов посредством учёта базовых прогнозных сценариев роста показателей при планировании финансовых результатов хозяйствующих субъектов
Результативность внешней торговли	Постепенное преодоление импортной зависимости российских предприятий на рынке посредством стабилизации ежегодных значений и преодоления отрицательной динамики внешнеторгового сальдо
Структура внешней торговли	Сглаживание структурного дисбаланса во внешней торговле посредством дальнейшего наращивания объёмов экспорта головных уборов российскими предприятиями отрасли
	Оптимизация географической структуры внешней торговли российских предприятий на рынке головных уборов посредством дальнейшего наращивания объёмов экспорта в Беларусь и др., а также Алжир, Конго, Армению, Египет, Узбекистан, Китай; постепенного роста доли экспорта продукции в Казахстан, Вьетнам; постепенного уменьшения объёмов российского импорта из Италии, Турции, Бангладеш; дальнейшего уменьшения доли российского импорта головных уборов из Китая, Германии, Польши
	Оптимизация товарной структуры внешней торговли российских предприятий посредством дальнейшего роста доли экспорта шляп и прочих головных уборов трикотажных машинного или ручного вязания, или изготовленных из цельного куска; лент, подкладок, чехлов, основ, каркасов, козырьков и завязок для головных уборов
Финансовые результаты	Постепенное достижение эффективного уровня внешней торговли российских предприятий на рынке головных уборов посредством преодоления динамики колебаний ежегодных темпов роста показателя, сохранения положительной динамики в долгосрочном периоде
	Сохранение положительной динамики значений выручки ООО «Шанти Пунти», ООО «Катри», ООО Текстильная фабрика «Звезда», ООО «Тамаша»; преодоление негативной динамики значений выручки ООО «Трикотаж-Владимир», ООО «ТИГорЪ»; сохранение положительной динамики значений чистой прибыли ООО «Катри», ООО «Тамаша» посредством адаптации комплекса мер по модернизации производства головных уборов, роста объёмов инвестиций, в т. ч. в НИОКР, оптимизации географии внешней торговли российских предприятий на рынке, позиционирования брендов, соответствия потребительским предпочтениям

Предложенные направления включают аспекты: объёмы рынка, результативность и структура внешней торговли, финансовые результаты.

Таким образом, на основе исследования специфики мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности, целесообразно заключить следующие выводы:

1. Конъюнктурные тенденции развития мирового рынка головных уборов в условиях экосистемной резильентности проявляются в компонентах: значительный рост объёма мирового рынка головных уборов в силу увеличения использования спортивных и смежных видов деятельности спортсменами; увеличение спроса на продукцию мирового рынка головных уборов в силу растущего использования продукции велосипедистами, армейскими войсками и пожарными в качестве защитного оборудования; актуализация технологически продвинутых продуктов на исследуемом рынке; экологизация мировой отрасли головных уборов; персонализация продукции мирового рынка головных уборов; сотрудничество модных брендов и спортивных команд; дальнейшее развитие электронной коммерции, онлайн-покупок, влиятельного маркетинга; увеличение инвестиций в НИОКР хозяйствующими субъектами рынка для внедрения привлекательных решений с целью удовлетворения потребителей отрасли.

2. Специфические особенности деятельности хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов включают следующие компоненты: расширение глобального рынка головных уборов; доминирование Северной Америки и АТР как основных региональных рынков головных уборов; универсализация и индивидуализация бейсболок на мировом рынке головных уборов; влияние на потребительский спрос параметров: географическое положение, цена, сегмент, качество, бренд, возраст, пол; вариация эластичности спроса на головные уборы в зависимости от ценового сегмента; учёт хозяйствующими субъектами отрасли факторов, определяющих предпочтения потребителей рынка; цифровизация мирового рынка головных уборов; совмещение онлайн-торговли и прямых каналов продаж в магазинах головных уборов; соблюдение экологических нормативов, отказ от токсичных красителей и компонентов, соответствие требованиям трудового законодательства, проверка поставщиков тканей и материалов на предмет гуманного отношения к животным и др.

3. Специфические аспекты внешней торговли Российской Федерации на рынке головных уборов включают следующие компоненты: значительный рост производства головных уборов в Российской Федерации; достаточная стабильность производственной структуры российского рынка головных уборов по федеральным округам; актуализация российского производства уборов головных защитных и средств защиты прочих; увеличение стоимости российского экспорта головных уборов в силу значительного роста производства и устойчивого развития предприятий исследуемой отрасли; стабильное наращивание стоимости импортных головных уборов; зависимость внешней торговли головными уборами Российской Федерации от соответствия актуальным мировым трендам исследуемого рынка; приоритизация международных выставок шляп и соответствующих аксессуаров в качестве эффективного инструмента внешней торговли головными уборами России.

4. В условиях экосистемной резильентности перспективные направления совершенствования функционирования мирового рынка головных уборов включают компоненты: сохранение положительной динамики международной торговли головными уборами; сохранение положительных значений сальдо торгового баланса и сохранение положительной долгосрочной динамики; сглаживание структурного дисбаланса в международной торговле головными уборами; оптимизация географической структуры международной торговли на рынке головных уборов;

обеспечение эффективного уровня международной торговли хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов; сохранение эффективного уровня внешнеторговой деятельности предприятий Китая, Италии; преодоление негативной динамики эффективности внешней торговли головными уборами Китая, Италии; достижение эффективного уровня внешней торговли предприятий Германии на рынке головных уборов; дальнейшее обеспечение положительной динамики эффективности внешней торговли предприятий Германии на рынке головных уборов и т. п.

5. Основными стратегическими аспектами международной торговли на исследуемом рынке в условиях экосистемной резильентности являются следующие: влияние мировых тенденций на рынке головных уборов; учёт потребительских предпочтений; инновационный вектор развития предприятий отрасли; цифровая трансформация рынка; социальная ответственность бизнеса и др. Каждый стратегический аспект содержит конкретные компоненты, что в совокупности целесообразно использовать для повышения эффективности международной торговли хозяйствующих субъектов на рынке головных уборов в долгосрочном периоде.

6. Систематизация рекомендаций по реализации направлений повышения эффективности внешней торговли российских предприятий на рынке головных уборов включает компоненты: сохранение положительной динамики внешней торговли головными уборами Российской Федерации; постепенное преодоление импортной зависимости российских предприятий на рынке головных уборов; сглаживание структурного дисбаланса во внешней торговле головными уборами; оптимизация географической структуры внешней торговли российских предприятий на рынке головных уборов; постепенное достижение эффективного уровня внешней торговли российских предприятий на рынке головных уборов; сохранение положительной динамики значений выручки ООО «Шанти Пунти», ООО «Катри», ООО Текстильная фабрика «Звезда», ООО «Тамаша»; сохранение положительной динамики значений чистой прибыли ООО «Катри», ООО «Тамаша» и др.

Исследование инструментов реализации стратегических аспектов внешней торговли предприятий на рынке головных уборов остаётся актуальным вопросом, который следует дополнить диагностикой прибыльности конкретных ТНК (Borsalino, Stetson, New Era, Goorin Bros., Bailey of Hollywood, Kangol, Helen Kaminski, Christy's London, Brixton, Tilley и др.), что может быть рассмотрено в качестве задач для дальнейших исследований в будущих периодах.

Литература

1. Тищенко, Ю. С. Совершенствование классификации головных уборов в соответствии с ТН ВЭД ЕАЭС / Ю. С. Тищенко, Е. А. Васильева // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. – 2024. – № 3(91). – С. 61-68.
2. Абдель Вахед, А. Э. Технологии 3D-моделирования в разработке коллекции трансформируемых головных уборов / А. Э. Абдель Вахед, А. А. Азанова // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2024) : Материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 20–21 ноября 2024 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2025. – С. 52-57.
3. Антонова, А. С. Формирование потребительской ценности на рынке шляпных головных уборов в России / А. С. Антонова // Аллея науки. 2018. Т. 6. № 10 (26). – С. 418-425.
4. Блохина, Н. А. Маркетинговые исследования потребительского спроса на мужские головные уборы на рынке г. Вологды / Н. А. Блохина // Студенческие исследования – инновационный ресурс развития региона. Сборник трудов ВГМХА по результатам работы научно-практической конференции, посвященной 99-летию академии. Вологда, 2011. – С. 50-53.
5. Штеле, Е. В. Задачи разработки интернет-магазина головных уборов / Е. В. Штеле, О. В. Ревякина // Экономика, менеджмент и сервис: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. – С. 172-175.
6. Классы МКТУ [Электронный ресурс]. – URL: https://patentus.ru/tovarnye-znaki/mktu/ (дата обращения: 16.05.2026).
7. Код МКТУ: Класс 25 [Электронный ресурс]. – URL: https://class inform.ru/mktu/class-25.html (дата обращения: 16.05.2026).
8. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2) [Электронный ресурс]. – URL: https://classinform.ru/ okpd2.html (дата обращения: 16.05.2026).
9. ОКПД 2: 14.19.4 – Шляпы и прочие головные уборы [Электронный ресурс]. – URL: https://classifikators.ru/okpd/14.19.4 (дата обращения: 16.05.2026).
10. Пояснения к ТН ВЭД ЕАЭС. Группа 65 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ifcg.ru/kb/tnved/notes/code/65/ (дата обращения: 16.05.2026).
11. Стандартная международная торговая классификация [Электронный ресурс]. – URL: https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/SeriesM_34rev4 r.pdf (дата обращения: 16.05.2026).
12. Гармонизированная система описания и кодирования товаров Всемирной таможенной организации [Электронный ресурс]. – URL: https://customs.gov.tm/pdf/nomenclature.pdf (дата обращения: 16.05.2026).
13. Отчет о мировом рынке головных уборов [Электронный ресурс]. – URL: https://www.valuemarketresearch.com/ru/report/head-guard-market (дата обращения: 16.05.2026).
14. Размер рынка головных уборов, доля | Прогноз отрасли – 2032 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/ headwear-market (дата обращения: 16.05.2026).

Specificity of the global headwear market in the ecosystem resilience conditions

Kuzmenko S.S.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article improves the scientific and methodological approach to determining the specific components of the global headwear market in the ecosystem resilience context, which, unlike the existing approaches, includes the following dominant factors: the growth of sports and street fashion, sustainable consumption, the influence of social media and influencers, technological innovations, personalization, seasonality, and climate factors. Based on the study of the international trade theoretical aspects and global headwear market analysis, the article identifies perspective areas for improving the functioning of the global headwear market, substantiates the strategic aspects of international trade in the studied market, and provides recommendations for improving the efficiency of the Russian Federation's foreign trade in the headwear market in the ecosystem resilience context.

Key words: global market, ecosystem resilience, conjuncture, headwear market, industry geosegmentation.

References

1. Tishchenko, Yu. S. Improvement of the Classification of Headwear in Accordance with the EAEU Commodity-Trade Classification / Yu. S. Tishchenko, E. A. Vasilyeva // Scientific Notes of the V.B. Bobkov St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy. – 2024. – No. 3(91). – Pp. 61-68.
2. Abdel Wahid, A. E. 3D Modeling Technologies in the Development of a Collection of Transformable Headwear / A. E. Abdel Wahid, A. A. Azanova // Innovations in Textiles, Clothing, and Footwear (ICTAI-2024) : Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Vitebsk, November 20-21, 2024. – Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2025. – Pp. 52-57.
3. Antonova, A. S. Formation of Consumer Value in the Russian Hat Market / A. S. Antonova // Alley of Science. 2018. Vol. 6. No. 10 (26). – Pp. 418-425.
4. Blokhina, N. A. Marketing Research of Consumer Demand for Men's Headwear in the Vologda Market / N. A. Blokhina // Student Research as an Innovative Resource for Regional Development. Collection of Papers from the 99th Anniversary of the Academy. Vologda, 2011. – Pp. 50-53.
5. Shtele, E. V. Tasks of Developing an Online Hat Store / E. V. Shtele, O. V. Revyakina // Economics, Management, and Service: Problems and Prospects. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. 2019. – Pp. 172-175.
6. ICPS Classes [Electronic resource]. – URL: https://patentus.ru/tovarnye-znaki/mktu/ (accessed: 16.05.2026).
7. ICPS code: Class 25 [Electronic resource]. – URL: https://classinform.ru/ mktu/class-25.html (accessed on 16.05.2026).
8. All-Russian Product Classification by Economic Activity (ARPCEA 2) [Electronic resource]. – URL: https://classinform.ru/okpd2.html (accessed: 16.05.2026).
9. ARPCEA 2: 14.19.4 – Hats and other headwear [Electronic resource]. – URL: https://classifikators.ru/okpd/14.19.4 (accessed: 16.05.2026).
10. Explanations for the EAEU CN FEA. Group 65 [Electronic resource]. – URL: https://www.ifcg.ru/kb/tnved/notes/code/65/ (accessed: 16.05.2026).
11. Standard International Trade Classification [Electronic resource]. – URL: https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/SeriesM_34rev4r.pdf (accessed: 16.05.2026).
12. Harmonized System of Description and Coding of Goods of the World Customs Organization [Electronic resource]. – URL: https://customs.gov.tm/pdf/ nomenclature.pdf (accessed: 16.05.2026).
13. Report on the global market of headwear [Electronic resource]. – URL: https://www.valuemarketresearch.com/ru/report/head-guard-market (accessed: 16.05.2026).
14. Headwear Market Size, Share | Industry Forecast – 2032 [Electronic resource]. – URL: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/headwear-market (accessed: 16.05.2026).

Диагностика зрелости систем управления процессно-ориентированных организаций (на примере компаний нефтегазовой и энергетической отраслей РФ)

Пакунова Владислава Алексеевна
аспирант, кафедра менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, vap@unecon.ru

В статье представлены результаты эмпирического исследования передовых практик построения систем управления процессно-ориентированных организаций на примере десяти ведущих компаний топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. На основе контент-анализа отчетности по пяти компонентам (процессная архитектура, система KPI, инфокоммуникационная среда, организационная культура, структура управления) разработан интегральный индекс зрелости СУ ПОО. Выявлены статистически значимые корреляционные связи между уровнем зрелости системы управления и операционными результатами: утилизацией попутного нефтяного газа и частотой травматизма с потерей рабочего времени. Предложена типология уровней зрелости, включающая три этапа эволюции: начальный (функциональный), стабилизация (процессный) и зрелый (процессно-ориентированный). Полученные результаты формируют эмпирическую базу для разработки нормативной модели диагностики и дорожных карт процессной трансформации.
Ключевые слова: процессно-ориентированная организация, система управления, зрелость, интегральный индекс, нефтегазовая отрасль, корреляционный анализ, типология.

Введение

Современные изменения экономической среды, связанные с цифровизацией, ростом неопределенности и усложнением межфункциональных взаимодействий, обусловливают переход от традиционных функциональных моделей управления к процессно-ориентированным системам [8, 10]. В рамках такого подхода организация рассматривается не как совокупность обособленных подразделений, а как целостная система взаимосвязанных процессов, создающих ценность для клиента и иных заинтересованных сторон [7, с. 15].

Теоретические истоки процессного подхода связаны с эволюцией управленческой мысли от классических представлений о разделении труда к системному видению организации как открытой системы. Существенный вклад в развитие этой логики внесла концепция реинжиниринга бизнес-процессов, согласно которой радикальное перепроектирование процессов позволяет достигать существенного улучшения показателей стоимости, качества, сервиса и скорости выполнения операций [12].

В контексте смены парадигмы развития экономики России и укрепления государственного суверенитета особое значение приобретает построение адаптивных систем управления, способных обеспечивать устойчивость организаций в условиях внешних вызовов [3]. Для российских организаций построение систем управления ПОО имеет ряд специфических особенностей. С одной стороны, предприятия все активнее используют BPM-платформы, средства цифрового моделирования и инструменты процессной аналитики. С другой стороны, сохраняются проблемы разнородной зрелости управленческих практик, недостаточной формализации процессов и слабой вовлеченности персонала [8].

Целью данной статьи является эмпирическое исследование передовых практик построения систем управления процессно-ориентированных организаций на примере компаний нефтегазовой и энергетической отраслей Российской Федерации, выявление корреляционных связей между уровнем зрелости СУ ПОО и операционными результатами деятельности.

Методология и методика исследования

Для достижения поставленной цели была сформирована эмпирическая база, включающая публичные годовые отчеты и отчеты об устойчивом развитии десяти ведущих компаний топливно-энергетического комплекса Российской Федерации за 2023–2024 годы. В выборку вошли семь вертикально-интегрированных нефтяных компаний («Газпром нефть», «ЛУКОЙЛ», «НК «Роснефть», «НОВАТЭК», «Сургутнефтегаз», «Татнефть», «Транснефть»), а также три ключевых представителя энергетического сектора: ПАО «РусГидро», Госкорпорация «Росатом» и ПАО «Россети» (табл. 1).

Таблица 1
Состав и характеристики эмпирической выборки (10 компаний)

№	Компания	Отрасль	Период анализируемой отчётности	Ключевые особенности СУ ПОО
1	ПАО «Сургутнефтегаз»	Нефтегазовая	2011–2024	Экологические KPI в системе годовых соревнований бригад
2	Группа «Татнефть»	Нефтегазовая	2000–2024	«Культурный код», процессные комитеты, NPS в мотивации топменеджмента
3	ПАО «ЛУКОЙЛ»	Нефтегазовая	2003–2024	Внутренняя цена на углерод, сквозные ESG-KPI
4	ПАО «НК «Роснефть»	Нефтегазовая	2006–2024	Единая цифровая платформа (ЕЦПК, 24 собственных ПО)
5	ПАО «Газпром нефть»	Нефтегазовая	2002–2024	Центры управления (бурением, добычей), цифровые двойники активов
6	ПАО «Транснефть»	Трубопроводный транспорт	2016–2024	Система «СРТ-ОПТИМУМ», RACI-матрицы
7	ПАО «НОВАТЭК»	Нефтегазовая	2004–2024	Фокус на низкоуглеродную генерацию (СПГ)

8	ПАО «РусГидро»	Электроэнергетика (ВИЭ)	2007–2024	75% «чистой» генерации, ИИ в ЕРИЦ
9	Госкорпорация «Росатом»	Атомная энергетика	2009–2024	Культура безопасности (LTIFR=0,03), технология MULTI-D
10	ПАО «Россети»	Электросетевой комплекс	2010–2024	Управление надежностью (индексы SAIFI/SAIDI)

Источник: составлено автором по данным отчетов [1, 2, 4, 5, 6].

Дизайн исследования был выстроен в три последовательных этапа. Первый этап заключался в проведении категориального и количественного контент-анализа отчетности по пяти укрупненным компонентам зрелости СУ ПОО. Методологической основой на данном этапе послужил подход В.С. Несговоровой [8] с учетом отраслевых особенностей нефтегазового и энергетического секторов.

Второй этап предусматривал расчет интегрального индекса зрелости СУ ПОО для каждой компании, определяемого как среднее арифметическое стандартизированных оценок по пяти выделенным компонентам. Формула расчета индекса имеет следующий вид:

$$\text{ИЗСУ} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5}\frac{\text{Баллы}_i}{\text{Баллы}_{max}}$$

где: Баллы_i — фактическая сумма баллов по i-му компоненту;

Баллы_{max} — максимально возможная сумма баллов по компоненту.

На третьем этапе был проведен корреляционный анализ с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена, направленный на выявление статистически значимых связей между интегральным индексом зрелости ИЗСУ и ключевыми показателями эффективности деятельности компаний.

Эмпирический анализ компонентов систем управления ПОО

Анализ структуры целей обследованных компаний показал, что все они в той или иной степени декларируют переход от функциональных к процессным целевым ориентирам. Компании-лидеры (ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Сургутнефтегаз», а также Госкорпорация «Росатом» и ПАО «РусГидро») интегрируют цели в области экологической, социальной и управленческой ответственности непосредственно в ключевые показатели эффективности топ-менеджмента.

Организационная культура зрелых процессно-ориентированных организаций характеризуется переходом от традиционной «культуры исполнения» к «культуре совместной ответственности». В Группе «Татнефть» данный переход закреплен в «Культурном коде», объединяющем миссию компании, цели устойчивого развития ООН и ценности различных поколений сотрудников [2]. В ПАО «Транснефть» аналогичный эффект достигается через систему подачи рационализаторских предложений «СРТ-ОПТИМУМ» [6].

Анализ инфокоммуникационной среды обследованных компаний показал, что все они в той или иной степени внедряют BPM-платформы. Лидеры по глубине интеграции демонстрируют качественно иной уровень цифровой зрелости. ПАО «НК «Роснефть» внедрило Единую цифровую платформу, которая включает 24 собственных программных продукта [4]. ПАО «Газпром нефть» делает акцент на создании цифровых двойников активов и функционировании центров управления бурением [5].

Для количественной проверки гипотезы о наличии связи между выраженностью процессных ценностей и операционными результатами деятельности был рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена по всем десяти компаниям выборки (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная связь процессных ценностей и результативности процессов

Процессная ценность	KPI результативности	Расчетный r_s	Уровень значимости
Клиентоориентированность	NPS (чистый индекс лояльности)	1,00*	—
Ориентация на изменения	Доля «зеленых» инвестиций / CAPEX (%)	0,82	p <0,05
Сотрудничество (RACI)	Производительность труда (выручка/чел.)	0,48	p> 0,05
Ответственность за сквозной результат	Уровень утилизации ПНГ (%) / LTIFR	0,90** / -0,87	p <0,05 / p < 0,01

Примечание: * коэффициент рассчитан по 2 компаниям (Татнефть, ЛУКОЙЛ); ** коэффициент 0,90 рассчитан по 7 нефтегазовым компаниям.

Источник: рассчитано автором на основе контент-анализа отчетов [1, 2, 4, 5, 6].

Обобщение результатов контент-анализа позволило выделить три этапа эволюции СУ ПОО (табл. 3).

Таблица 3

Типология ПОО по уровню зрелости и интегральный индекс ИЗСУ

Параметр / Уровень зрелости	Начальный (функциональный)	Стабилизация (процессный)	Зрелый (процессно-ориентированный)
Процессная архитектура	Не формализованы	Формализованы основные процессы	Сквозные (end-to-end) с RACI-матрицами
Система KPI	Функциональные (выполнение плана)	Каскадированные, процессные	BSC + ESG-интегрированные
ИК-среда	Автоматизация отсутствует	Внедрены BPM-платформы	Цифровые двойники, ИИ, API-интеграция
Организационная культура	Иерархическая (исполнитель)	Рыночная (ориентация на результат)	Адхократия + сотрудничество
Структура управления	Функциональная иерархия	Матричная с процессными ролями	Владельцы процессов с бюджетом
Интегральный индекс зрелости (ИЗСУ)	<0,50	0,50–0,75	> 0,75
Компании в выборке	(отсутствует)	ПАО «НОВАТЭК» (0,68), ПАО «Транснефть» (0,72), ПАО «Россети» (0,74)	ПАО «Сургутнефтегаз» (0,87), Группа «Татнефть» (0,86), ПАО «ЛУКОЙЛ» (0,89), ПАО «НК «Роснефть» (0,84), ПАО «Газпром нефть» (0,88), Госкорпорация «Росатом» (0,88), ПАО «РусГидро» (0,91)

Источник: разработано автором по результатам контент-анализа [1, 2, 4, 5, 6]

Для проверки гипотезы о наличии статистически значимой связи между уровнем зрелости СУ ПОО и финансово-операционными результатами был проведен корреляционный анализ (табл. 4).

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа (коэффициент Спирмена r□)

Связь	Коэффициент r_s	Характер связи	Уровень значимости
ИЗСУ → ROE	0,48	Средняя	p > 0,05
ИЗСУ → Уровень утилизации ПНГ	0,79	Сильная положительная	p < 0,05
ИЗСУ → LTIFR	-0,85	Очень сильная отрицательная	p < 0,01

Источник: рассчитано автором по данным отчетов [1, 2, 4, 5, 6].

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Связь между ИЗСУ и рентабельностью собственного капитала оказалась средней и статистически незначимой, что объясняется доминированием внешних факторов (цена нефти, курсовые разницы) над внутренней процессной эффективностью в краткосрочном периоде.

Связь между ИЗСУ и уровнем утилизации попутного нефтяного газа является сильной положительной (r_s = 0,79). Лидеры с максимальным ИЗСУ («Сургутнефтегаз», «Татнефть») демонстрируют наилучшие экологические результаты, что подтверждает прямую конвертацию процессной зрелости в экологическую эффективность.

Связь между ИЗСУ и частотой травматизма с потерей рабочего времени является очень сильной отрицательной (r_s = -0,85). Госкорпорация «Росатом» имеет лучший в выборке показатель LTIFR = 0,03, что соответствует приоритету культуры безопасности и «нулевому травматизму». Полученная корреляция подтверждает, что эволюция СУ ПОО выступает ключевым фактором снижения производственного травматизма.

Выводы

Проведенное эмпирическое исследование на основе данных по десяти крупнейшим компаниям нефтегазового и энергетического секторов РФ позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Эмпирически подтверждена сильная прямая корреляция между интегральным индексом зрелости СУ ПОО и уровнем утилизации попутного нефтяного газа (r_s = 0,79), а также очень сильная отрицательная корреляция с частотой травматизма (r_s = -0,85). Указанные результаты свидетельствуют о том, что развитие процессного управления непосредственно влияет на повышение экологической и промышленной безопасности, что приобретает особое значение в контексте укрепления экономического суверенитета России [3].

2. Лидеры отраслей («Сургутнефтегаз», «Татнефть», «ЛУКОЙЛ», «Росатом», «РусГидро») достигли зрелого уровня процессно-ориентированного управления (ИЗСУ> 0,84). Отличительными характеристиками

лидеров выступают наличие сквозных ESG-KPI, закрепленных за владельцами процессов с бюджетом, и высокий коэффициент цифровой связности.

3. Выявлена отраслевая специфика драйверов процессной трансформации. Для нефтегазового сектора ключевым драйвером выступают требования экологической безопасности (утилизация ПНГ), для атомной энергетики («Росатом») — абсолютный приоритет безопасности (LTIFR = 0,03), для гидрогенерации («РусГидро») — декарбонизация и надежность энергоснабжения.

4. Разработанная типология уровней зрелости (начальный, стабилизация, зрелый) и интегральный индекс ИЗСУ представляют собой валидный и воспроизводимый инструмент экспресс-диагностики СУ ПОО, который может быть использован для проведения отраслевого бенчмаркинга и формирования дорожных карт трансформации.

Литература

1. Башмаков Д.В. Анализ содержания процессно-ориентированной культуры в современных организациях / Д.В. Башмаков // Вестник университета. — 2025. — № 7. — С. 5–16.
2. Бездудная А.Г. Смена парадигмы развития экономики России: основы государственного суверенитета / А.Г. Бездудная, В.М. Разумовский, Г.Л. Багиев // Проблемы современной экономики. — 2025. — № 4 (96). — С. 231–233.
3. Годовой отчет ПАО «Сургутнефтегаз» за 2024 год / генеральный директор В.Л. Богданов. — URL: https://www.surgutneftegas.ru/investors/reports/ (дата обращения: 28.04.2026).
4. Елфимова И.Ф. Управление интегрированными промышленными объединениями на основе процессно-ориентированного подхода / И.Ф. Елфимова // Вестник университета. — 2019. — № 8. — С. 56–62.
5. Интегрированный годовой отчет ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина за 2024 год. — URL: https://www.tatneft.ru/investors/reporting/annual-reports (дата обращения: 11.05.2026).
6. Несговорова В.С. Построение систем управления процессно-ориентированных организаций / В.С. Несговорова // Российское предпринимательство. — 2016. — Т. 17, № 10. — С. 1289–1298.
7. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Газпром нефть» за 2024 год. — URL: https://www.gazprom-neft.ru/sustainability/ (дата обращения: 26.04.2026).
8. Отчет об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть» за 2024 год. — URL: https://www.rosneft.ru/sustainability/reports/ (дата обращения: 30.04.2026).
9. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Транснефть» за 2024 год. — URL: https://www.transneft.ru/sustainability/ (дата обращения: 10.05.2026).
10. Петухов В.И. Реинжиниринг и процессное управление / В.И. Петухов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. — 2014. — № 4(36). — С. 107–112.
11. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. — 408 с.
12. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе / М. Хаммер, Дж. Чампи; пер. с англ. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2006. — 288 с.

Diagnostics of management systems maturity of process-oriented organizations (on the example of companies of the oil and gas and energy sectors of the Russian federation)

Pakunova V.A.
St. Petersburg State economic university

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article presents the results of an empirical study of best practices in building management systems of process-oriented organizations on the example of ten leading companies of the fuel and energy complex of the Russian Federation. Based on the content analysis of reporting on five components (process architecture, KPI system, information and communication environment, organizational culture, management structure), an integral maturity index of the process-oriented organization management system was developed. Statistically significant correlations were revealed between the level of maturity of the management system and operational results: associated petroleum gas utilization and lost time injury frequency rate. A typology of maturity levels is proposed, including three stages of evolution: initial (functional), stabilization (process), and mature (process-oriented). The results obtained form an empirical basis for the development of a normative diagnostic model and roadmaps for process transformation.

Keywords: process-oriented organization, management system, maturity, integral index, oil and gas industry, correlation analysis, typology.

References

1. Bashmakov, D.V. (2025). Analysis of the Content of Process-Oriented Culture in Modern Organizations. University Bulletin, (7), pp. 5–16.
2. Bezdugnaya, A.G., Razumovsky, V.M., & Bagiev, G.L. (2025). Change of the Development Paradigm of the Russian Economy: Foundations of State Sovereignty. Problems of Modern Economics, 4(96), pp. 231–233.
3. Bogdanov, V.L. (CEO). (2025). Annual Report of Surgutneftegas PJSC for 2024. Available at: https://www.surgutneftegas.ru/investors/reports/ (Accessed: 28 April 2026).
4. Elfimova, I.F. (2019). Management of Integrated Industrial Associations Based on a Process-Oriented Approach. University Bulletin, (8), pp. 56–62.
5. Integrated Annual Report of Tatneft PJSC named after V.D. Shashin for 2024. (2025). Available at: https://www.tatneft.ru/investors/reporting/annual-reports (Accessed: 11 May 2026).
6. Nesgovorova, V.S. (2016). Building Management Systems for Process-Oriented Organizations. Russian Entrepreneurship, 17(10), pp. 1289–1298.
7. Sustainability Report of Gazprom Neft PJSC for 2024. (2025). Available at: https://www.gazprom-neft.ru/sustainability/ (Accessed: 26 April 2026).
8. Sustainability Report of Rosneft Oil Company PJSC for 2024. (2025). Available at: https://www.rosneft.ru/sustainability/reports/ (Accessed: 30 April 2026).
9. Sustainability Report of Transneft PJSC for 2024. (2025). Available at: https://www.transneft.ru/sustainability/ (Accessed: 10 May 2026).
10. Petukhov, V.I. (2014). Reengineering and Process Management. Bulletin of Lobachevsky University of Nizhny Novgorod. Series: Social Sciences, 4(36), pp. 107–112.
11. Repin, V.V., & Eliferov, V.G. (2004). Process Approach to Management. Modeling of Business Processes. Moscow: RIA "Standards and Quality".
12. Hammer, M., & Champy, J. (2006). Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution (Trans. from English). Moscow: Mann, Ivanov and Ferber.

Нормативно-правовое регулирование внешней торговли товарами АПК стран Евразийского экономического союза

Патрушев Глеб Алексеевич
аспирант, факультет государственного управления, МГУ имени М. В. Ломоносова

В работе приведены и анализируется нормативно-правовое регулирование внешней торговли товарами АПК стран Евразийского экономического союза. Показано, что нормативно – правовое регулирование международной торговли стран ЕАЭС регламентируется как международными нормативно правовыми актами (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21.04.2015 № 30 «О мерах нетарифного регулирования»), так и национальным законодательством (Федеральный закон «Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности» от 08.12.2003 № 164-ФЗ., Федеральный закон «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 289-ФЗ, Постановление Правительства РФ от 06.02.2021 № 117 «О ставках вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств - участников соглашений о Таможенном союзе» и др.). Государственное регулирование касается вопросов экспорта, импорта, помещения товаров под таможенные процедуры, сертификации, лицензирования, и др.

Ключевые слова: нормативно-правовое регулирование, внешняя торговля, экспорт, импорт, лицензирование, государственная регистрация, запреты и ограничения.

Введение

Нормативно-правовое регулирование внешней торговли стран ЕАЭС осуществляется на основании законов и подзаконных нормативно-правовых актов национального права государств-участников ЕАЭС, а также нормативных актов международного права. Юридическая регламентация внешнеторговых операций стран ЕАЭС выстроена в определенной иерархии соподчиненности нормативно-правовых актов, имеющих определенную силу действия во времени пространстве. При этом, известную проблему составляет соотнесение юридической силы национальных и международных норм, которые, в свою очередь, также имеют свою внутреннюю иерархическую структуру.

Результаты исследования

А.С. Купцова, отмечая значимость нормативно-правового регулирования внешней торговли, осуществляемой между странами ЕАЭС указывает, что имеется необходимость многоаспектного стимулирования взаимной торговли государств ЕАЭС. Автор отмечает, что для этого необходима согласованная политика государств ЕАЭС в торговых отношениях «…по поставке различных видов товаров и правильное единое юридическое оформление данных отношений. Правовая сторона эффективного взаимодействия юридических лиц и индивидуальных предпринимателей из ЕАЭС играет важную, а в большинстве случаев решающую роль в построении отношений» [1].

Основным нормативно-правовым актом, регламентирующим базовые положения о порядке внешнеторговых операций стран-членов ЕАЭС, является Договор о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 года (далее - Договор). Данный акт международного права в Российской Федерации имеет высшую юридическую силу в случае наличия разногласий содержащихся в Договоре правовых норм с нормами национального права РФ. Данное положение закреплено в п. 4 ст. 15 Конституции РФ, что ставит нормы Договора в превентивную позицию при нормативно-правом регулировании внешней торговли стран-участников ЕАЭС и третьих стран.

В разделе 1 Договора содержаться общие нормы порядка оборота товаров и услуг, т.е. международной торговли стран ЕАЭС. Договор, в частности, провозглашает - «свободу движения товаров» стран ЕАЭС (ст.1, 2), основы формирования «единого рынка товаров» (ст.4) и др. В части 2 Договора, регламентирующей таможенный союз государств-членов ЕАЭС, содержатся нормы регламентирующие таможенные процедуры оформления, досмотра, провоза и др. в отношении товаров стран ЕАЭС и третьих стран. В частности, Договором предусмотрен «единый режим торговли товарами в отношениях с третьими сторонами» (пп.3. п.1 ст.25); «свободное перемещение товаров между территориями государств-членов без применения таможенного декларирования» и всех видов государственного контроля (п.5 ст.25); порядок функционирования внутреннего товарного рынка стран ЕАЭС (ст.28) и др. [2].

Нормы, детально регламентирующие внешнюю торговлю стран ЕАЭС, содержатся в разделе IX Договора – «Внешнеторговая политика». Данный раздел определяет: общие принципы внешней торговли ЕАЭС (ст.33); режимы наибольшего благоприятствования и свободной торговли (ст.ст.34,35); внешнюю торговлю услугами (ст. 38) и другие факторы внешнеторговой деятельности стран-членов Договора и третьих стран. Кроме того, Договор достаточно детально регламентирует, в своих положениях, применение санитарно-ветеринарных, карантинных и иных мер в отношении товаров, реализуемых на внешних рынках (раздел XI); техническое регулирование качества и иных свойств продукции, услуг, торговых операций (раздел X); меры по защите прав потребителей (раздел XII) и иные правила внешней торговли стран ЕАЭС и третьих стран.

Внешнеторговые операции, производимые между странами ЕАЭС и третьими странами, регулируются также нормами национальных законодательств, действующих на их территории. На примере Российской Федерации можно указать, что к таким нормам относится, прежде всего, Федеральный закон "Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности" № 164-ФЗ. Предметом регулирования данного Закона служит обеспечение «…благоприятных условий для внешнеторговой деятельности», и защита «…экономических и политических интересов Российской Федерации» [3]. Закон определяет полномочия органов власти и управления РФ в области внешней торговли (глава 2); российских и иностранных субъектов внешнеторговой деятельности (глава

3); таможенно-тарифное регулирование внешнеторговых операций (глава 5) и др.

Кроме того, важнейшими нормативными актами национального законодательства России, регламентирующими различные аспекты внешней торговли, являются – Налоговый кодекс РФ [4], Кодекс об административных правонарушениях РФ, Федеральный закон «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 289-ФЗ и другие кодифицированные и общие нормативно правовые акты правовой системы Российской Федерации [5].

Примером внутреннего нормативно-правового регулирования внешней торговли зерном между странами ЕАЭС и третьими странами является, выражаемая нормами законодательства РФ, политика «протекционизма». Примером мер, принимаемых в рамках такой политики, является ограничение импорта зерна. Кроме того, основными нормативными инструментами политики протекционизма являются также «…таможенные тарифы, импортные и экспортные квоты, нетарифные барьеры, валютные ограничения и т.п.» [6]. Страны ЕАЭС имеют аналогичные, а также индивидуально-особенные законы и подзаконные нормативные акты, регламентирующие сферу внешней торговли, осуществляемой на их национальных территориях.

Особое место в системе нормирования внешней торговли стран ЕАЭС занимают международные нормативные акты Евразийского экономического союза. Одним из самых значимых актов в этой сфере является Таможенный кодекс ЕАЭС (далее – ТК ЕАЭС) [7], принятый на основании соответствующего договора стран-членов ЕАЭС [8]. Являясь подзаконным актом относительно Договора о ЕАЭС от 29.05.2014 г., ТК ЕАЭС регламентирует Единую Товарную номенклатуру внешнеторговых операций стран ЕАЭС (глава 3); порядок определения, подтверждения, подачи декларации и оформления сертификата происхождения товаров, перемещаемых через таможню (глава 4); таможенную стоимость товаров (глава 5) и др. Примером регламентации внешней торговли зерном нормами ТК ЕАЭС является регламентация его нормами возможности отсрочки уплаты ввозных таможенных пошлин на сельскохозяйственную продукцию (в т.ч. и на зерно), в связи с признанием торговли данным товаром особой категорией внешнеторговых операций стран ЕАЭС (пп.4 п.2 ст.59 ТК ЕАЭС).

Следует указать, что регулирование внешней торговли стран ЕАЭС осуществляется посредством двух основных механизмов: таможенно-тарифного и запретительно-ограничительного. Инструментарий первого механизма включает в себя, согласно ТК ЕАЭС: «меры, применяемые в соответствии с Договором о Союзе в отношении ввозимых (ввезенных) на таможенную территорию Союза товаров и включающие в себя применение ставок ввозных таможенных пошлин, тарифных квот, тарифных преференций, тарифных льгот» (п. 21 ст. 2 ТК ЕАЭС). Второй механизм определен в ТК ЕАЭС, как «меры нетарифного регулирования, в т.ч. односторонне вводимые государством-членом ЕАЭС, которые могут включать в себя: «санитарные, ветеринарно-санитарные … меры экспортного контроля…» и другие меры, предусмотренные национальным законодательством страны-инициатора таких мер (п. 10 ст. 2 ТК ЕАЭС).

Конкретным примером нормативно-правого регулирования вывоза зерна в государства-члены ЕАЭС в РФ, может служить Постановление Правительства РФ № 117 «О ставках вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств - участников соглашений о Таможенном союзе» [9]. Регулятивные меры изложены в соответствующем приложении к данному документу: «Ставки вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств – участников соглашений о Таможенном союзе» [10]. Следует указать, что вывозные ставки применяются с учетом особенностей, установленных ст. 9 Федерального закона № 69-ФЗ, согласно Распоряжению Правительства РФ от 21.09.2022 N 2724-р.

Нормативно-правовые акты ЕАЭС, регламентирующие различные аспекты внешнеторговых операций стран ЕАЭС издаются специальными органами ЕАЭС, а именно - Высшим Евразийским экономическим советом, Евразийским межправительственным советом, Евразийской экономической комиссией, Таможенным союзом и Судом ЕАЭС.

Так, в сфере внешней торговли зерном и иными пищевыми продуктами, в рамках ЕАЭС, разработаны и приняты, в настоящее время, технические регламенты товаров и услуг. В качестве примеров можно привести регламенты - ТР ЕАЭС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ЕАЭС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» и др. В рамках тематики настоящего исследования следует особо указать на технический регламент ЕАЭС 015/2011 «О безопасности зерна» [11]. Данный Регламент регулирует: правила выпуска зерна в обращение на рынке (ст.3); обеспечение соответствия требованиям безопасности (ст.5); маркировку единым знаком обращения продукции на рынке ЕАЭС (ст.8) и иные требования к зерну выпускаемому в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза, используемому для пищевых и кормовых целей (п.1 ст.8).

Н.А. Поликанова, рассматривая взаимодействие национальных нормативно правовых актов РФ и иных стран-членов ЕАЭС с нормативными актами, издаваемыми органами ЕАЭС, отмечает, что «При вступлении в действие и реализации технических регламентов ЕАЭС возникают определенные сложности, связанные с особенностями сложившейся практики ведения агропромышленной деятельности в регионах, неоднородностью их ресурсов, спецификой региональных экономик и другими проблемами [12, 13]

В числе нормативно-правовых актов, издаваемых органами управления ЕАЭС, можно назвать, в частности: Рекомендацию Коллегии Евразийской экономической комиссии № 14 «О повышении экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции и продовольствия государств - членов Евразийского экономического союза» [14]; Распоряжение Евразийского межправительственного совета № 7 «О совместных прогнозах развития агропромышленного комплекса, спроса и предложения государств - членов Евразийского экономического союза по основным видам сельскохозяйственной продукции и продовольствия на 2016 - 2017 годы» [15]; Решение Коллегии ЕЭК №10 «О применении приложения 3 к Соглашению о свободной торговле между Евразийским экономическим союзом и его государствами-членами, с одной стороны, и Социалистической Республикой Вьетнам, с другой стороны» и др. [16]

Особое внимание в рамках темы данного раздела следует обратить на особенности нормативно-правовой регламентации нетарифного регулирования внешнеторговой деятельности стран-членов ЕАЭС. Специалисты определяют сущность нетарифного регулирования, как «совокупность административных и экономических мер, выходящих за пределы таможенно-тарифной политики и используемых в качестве инструментов регулирования внешней торговли» [17] Кроме того, нетарифное регулирование внешней торговли может выражаться в мерах стимулирования и поддержки определенных международных торговых операций, что также регламентируется нормами национального и международного права.

Кроме норм национального законодательства стран-членов ЕАЭС, имеются специальные международные нормативные акты регламентирующие меры нетарифного регулирования внешней торговли стран ЕАЭС и третьих стран. Среди таких актов можно назвать: Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 80 «Об утверждении единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза, а также об изменении и признании утратившими силу некоторых решений Совета Евразийской экономической комиссии» [18]. Данный документ, в частности, утверждает «Единую Товарную номенклатуру» внешнеэкономической деятельности ЕАЭС и «Единый таможенный тариф» устанавливая ставки ввозных пошлин на конкретные виды товарной продукции.

Кроме того, имеется целый ряд иных нормативных актов регламентирующих меры по нетарифному регулированию внешнеторговых операций стран ЕАЭС и третьих стран [19, 21, 22]. Так, в частности, нормами Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии № 30 «О мерах нетарифного регулирования» были запрещены к ввозу в страны ЕАЭС вплоть до 30.06.2020 г. следующие виды зерновых: рожь (код ТН ВЭД ЕАЭС - 1002); рис (код ТН ВЭД ЕАЭС - 1006); гречиха (код ТН ВЭД ЕАЭС - 1008) и другие виды продукции [20].

Заключение

1. Нормативно-правовое регулирование внешней торговли стран ЕАЭС осуществляется на основании системы иерархически организованных законов и подзаконных актов стран-членов ЕАЭС, а также на основе норм международного права и, в первую очередь - Договора о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 года. В случае возникновения разногласий в нормативных актах национального законодательства РФ и норм международного права возникает преюдиция последних.

2. На основе норм Договора о Евразийском экономическом союзе действуют органы управления ЕАЭС, принимающие нормативные акты международного права, обязательные для внешнеторговых отношений стран ЕАЭС и третьих стран. Такими органами являются: Высший Евразийский экономический совет, Евразийский межправительственный совет, Евразийская экономическая комиссия, Таможенный союз и Суд ЕАЭС.

3. В рамках своих полномочий органы управления ЕАЭС принимают следующие виды нормативно-паровых актов: торговые регламенты ЕАЭС, торговые номенклатуры, рекомендации и распоряжения относительно различных аспектов внешней торговли, решения Суда ЕАЭС и другие нормативные акты ЕАЭС, обязательные для исполнения органами власти и управления стран ЕАЭС.

Литература

1. Купцова А. С. Договор поставки между государствами-членами ЕАЭС. что учесть в современных реалиях? // Вопросы российской юстиции. 2024. №31. С. 148.

2. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru), 6 октября 2022 г., № 0001202210060013

3. Федеральный закон «Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности» от 08.12.2003 № 164-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45397/.

4. «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая)» от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ред. от 03.08.2018), «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)» от 05.08.2000 № 117-ФЗ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/.

5. Федеральный закон «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 289-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/?ysclid=m9jj0nz6sz7922871.

6. Пантелеева М. А., Климова Н. В. Принципы государственного регулирования зернового рынка и внешней торговли зерновыми культурами Российской Федерации // ЕГИ. 2019. №24 (2). С. 60.

7. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза. Приложение № 1 к Договору о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456058064?marker=64U0IK/.

8. Договор о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза. Ратифицирован Федеральным законом РФ от 14.11.2017 года № 317-ФЗ – URL: https://docs.cntd.ru/document/456057755#64U0IK.

9. Постановление Правительства РФ от 06.02.2021 № 117 (ред. от 28.06.2024) «О ставках вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств - участников соглашений о Таможенном союзе». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376329/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/.

10. «Ставки вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств – участников соглашений о Таможенном союзе». Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2021 г. № 117. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376329/30b980442b1516736eff4533d033ed9db82f9b9b/ .

11. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 874. – URL: https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_24/tr-ts-0152011/.

12. . Постановление Правительства РФ от 31.12.2021 № 2595 «О мерах по регулированию вывоза пшеницы и меслина, ячменя, ржи и кукурузы за пределы территории Российской Федерации в государства, не являющиеся членами Евразийского экономического союза». – URL: https://www.alta.ru/tamdoc/21ps2595/ ; Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810// и др.

13. . Полканова Н. А. Нормативно - правовое и институциональное обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного кластера / Н. А. Полканова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. – 2020. – С. 984.

14. Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 27 июня 2023 г. № 14 «О повышении экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции и продовольствия государств - членов Евразийского экономического союза» – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407013062/.

15. Распоряжение Евразийского межправительственного совета от 7 марта 2017 г. № 7 «О совместных прогнозах развития агропромышленного комплекса, спроса и предложения государств - членов Евразийского экономического союза по основным видам сельскохозяйственной продукции и продовольствия на 2016 - 2017 годы». – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01415074/ico_09032017_7.

16. Решение Коллегии ЕЭК от 29 мая 2015 года №10 «О применении приложения 3 к Соглашению о свободной торговле между Евразийским экономическим союзом и его государствами-членами, с одной стороны, и Социалистической Республикой Вьетнам, с другой стороны». – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01441003/err_27012023_10.

17. Запреты и ограничения внешнеторговой деятельности: учеб. пособие / Ю. Г. Кириллов, Э. К. Енза, И. А. Коновалов, В. В. Кузнецов; Минобрнауки России, ОмГТУ. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2020. – С. 8. ISBN 978-5-8149-3030-9

18. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 14.09.2021 № 80 «Об утверждении единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза, а также об изменении и признании утратившими силу некоторых решений Совета Евразийской экономической комиссии» – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_397176/.

19. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 30.06.2017 № 80 «О свидетельствах о государственной регистрации продукции» (вместе с «Правилами оформления свидетельства о государственной регистрации продукции», «Порядком формирования и ведения единого реестра свидетельств о государственной регистрации продукции»). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219635/92d3e3d03094ed76da5c15fa72b687f1cebd5931/ и др.

20. от 21 апреля 2015 г. № 30 «О мерах нетарифного регулирования». Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21.04.2015 № 30 «О мерах нетарифного регулирования" … «Положением о ввозе на таможенную территорию Евразийского экономического союза средств защиты растений и других стойких органических загрязнителей, подлежащих использованию в исследованиях лабораторного масштаба, а также в качестве эталонного стандарта»). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_178556/ и др. .

21. Панова Т.В., Сенотрусова С.В. Развитие государственного регулирования зернового рынка стран Евразийского экономического союза в санкционный период//Страховое дело, 2026. № 1, с. 3-10.

22. Бостанджян К.Р., Сенотрусова С.В. Анализ проблем формирования и развития продовольственных рынков в странах ЕАЭС//Проблемы теории и практики управления, издательство ООО «Международная Медиа Группа» (Москва), 2025. № 7, с. 50-67.

Regulatory and legal regulation of foreign trade in agricultural products of the countries of the Eurasian Economic Union

Patrushev G.A.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The paper presents and analyzes the legal regulation of foreign trade in agricultural products of the countries of the Eurasian Economic Union. It is shown that the standard – The legal regulation of international trade in the EAEU countries is regulated both by international normative legal acts (Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission dated 04/21/2015 No. 30 "On Non-tariff Regulation Measures") and by national legislation (Federal Law "On the Basics of State Regulation of Foreign Trade Activity" dated 12/08/2003 No. 164-FZ, Federal Law "On Customs Regulation in Of the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" dated 08/03/2018 No. 289-FZ, Decree of the Government of the Russian Federation dated 02/06/2021 No. 117 "On the rates of export customs duties on cereals exported from the Russian Federation outside the Member States of the Customs Union Agreements", etc.). Government regulation concerns issues of export, import, placing goods under customs procedures, certification, licensing, etc.

Keywords: regulatory and legal regulation, foreign trade, export, import, licensing, state registration, prohibitions and restrictions.

References

1. Kuptsova A. S. Supply agreement between the EAEU Member States. what to consider in modern realities? // Issues of Russian justice. 2024. No. 31. P. 148.
2. The Constitution of the Russian Federation (adopted by popular vote on 12/12/1993 with amendments approved during the all-Russian vote on 07/01/2020) // Official Internet Portal of Legal Information (www.pravo.gov.ru), October 6, 2022, No. 0001202210060013
3. Federal Law No. 164-FZ "On the Fundamentals of State Regulation of Foreign Trade Activity" dated 08.12.2003. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45397 /.
4. "The Tax Code of the Russian Federation (Part one)" dated 07/31/1998 No. 146-FZ (as amended on 08/03/2018), "The Tax Code of the Russian Federation (Part two)" dated 08/05/2000 No. 117-FZ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671 /.
5. Federal Law No. 289-FZ dated 08/03/2018 "On Customs Regulation in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation". – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/?ysclid=m9jj0nz6sz7922871.

6. Panteleeva M. A., Klimova N. V. Principles of state regulation of the grain market and foreign trade in grain crops of the Russian Federation // EGI. 2019. №24 (2). p. 60.
7. The Customs Code of the Eurasian Economic Union. Appendix No. 1 to the Agreement on the Customs Code of the Eurasian Economic Union. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456058064?marker=64U0IK/.
8. The Agreement on the Customs Code of the Eurasian Economic Union. Ratified by the Federal Law of the Russian Federation dated 14.11.2017 No. 317-FZ – URL: https://docs.cntd.ru/document/456057755#64U0IK .
9. Decree of the Government of the Russian Federation dated 02/06/2021 No. 117 (as amended on 06/28/2024) "On the rates of export customs duties on grain crops exported from the Russian Federation outside the Member States of the Customs Union Agreements". – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376329/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/.
10. "Rates of export customs duties on grain crops exported from the Russian Federation outside the member States of the Customs Union agreements." Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 117 dated February 6, 2021. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_376329/30b980442b1516736eff4533d033ed9db82f9b9b / .
11. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 015/2011 "On grain safety". Approved by the Decision of the Customs Union Commission No. 874 dated December 9, 2011. – URL: https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_24/tr-ts-0152011 /.
12. Decree of the Government of the Russian Federation dated December 31, 2021 No. 2595 "On Measures to regulate the export of wheat and meslin, barley, rye and corn outside the territory of the Russian Federation to non-member States of the Eurasian Economic Union." – URL: https://www.alta.ru/tamdoc/21ps2595 / ; Federal Law "On Standardization in the Russian Federation" dated 06/29/2015 No. 162-FZ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810 // and others.
13. Polkanova N. A. Regulatory and institutional quality and safety assurance of agricultural cluster products / N. A. Polkanova // The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas. 2020. – p. 984.
14. Recommendation of the Board of the Eurasian Economic Commission dated June 27, 2023 No. 14 "On increasing the export potential of agricultural products and foodstuffs of the member States of the Eurasian Economic Union" – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407013062 /.
15. Order No. 7 of the Eurasian Intergovernmental Council dated March 7, 2017 "On joint forecasts for the development of the agro-industrial complex, supply and demand of the Member States of the Eurasian Economic Union for basic types of agricultural products and foodstuffs for 2016-2017". – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01415074/ico_09032017_7.
16. Decision of the EEC Board dated May 29, 2015 No. 10 "On the Application of Annex 3 to the Free Trade Agreement between the Eurasian Economic Union and its member States, on the one hand, and the Socialist Republic of Vietnam, on the other hand." – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01441003/err_27012023_10
17. Prohibitions and restrictions of foreign trade activity: textbook. manual / Yu. G. Kirillov, E. K. Enza, I. A. Konovalov, V. V. Kuznetsov; Ministry of Education and Science of Russia, OmSTU. – 2nd ed., ispr. and supplement – Omsk: Publishing House of OmSTU, 2020. – p. 8. ISBN 978-5-8149-3030-9
18. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated 09/14/2021 No. 80 "On Approval of the Common Commodity Nomenclature for Foreign Economic Activity of the Eurasian Economic Union and the Common Customs Tariff of the Eurasian Economic Union, as well as on Amendment and Invalidation of Certain Decisions of the Council of the Eurasian Economic Commission" – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_397176 /.
19. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission dated 30.06.2017 No. 80 "On certificates of state registration of products" (together with the "Rules for registration of certificates of state registration of products", "Procedure for the formation and maintenance of a unified register of certificates of state registration of products"). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219635/92d3e3d03094ed76da5c15fa72b687f1cebd5931 / and others.
20. No. 30 dated April 21, 2015 "On Non-tariff Regulation measures". Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission dated 04/21/2015 No. 30 "On non-tariff regulation measures" ... "Regulations on the importation into the customs territory of the Eurasian Economic Union of plant protection products and other persistent organic pollutants to be used in laboratory-scale research, as well as as a reference standard"). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_178556 / and others .
21. Panova T.V., Senotrusova S.V. Development of state regulation of the grain market of the countries of the Eurasian Economic Union during the sanctions period//Insurance Business, 2026. No. 1, pp. 3-10.
22. Bostanjyan K.R., Senotrusova S.V. Analysis of the problems of formation and development of food markets in the EAEU countries//Problems of Management Theory and Practice, publishing house of International Media Group LLC (Moscow), 2025, No. 7, pp. 50-67.

Трудовая миграция как фактор сбалансированности российского рынка труда: экономическая оценка влияния и направления регулирования

Попов Дмитрий Андреевич
аспирант, Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ» (НГУЭУ), dmitrypopovv97@mail.ru

Цель исследования – разработка теоретико-методических положений и практических рекомендаций по повышению эффективности использования трудовой миграции для обеспечения сбалансированности рынка труда России. Методы включают эконометрический анализ панельных данных по 85 субъектам РФ за 2015–2025 гг. (модели с фиксированными эффектами, инструментальные переменные), а также уточнённую методику расчёта вклада международных трудовых мигрантов в экономику принимающих регионов, отделяющую внешнюю миграцию от внутрироссийской. Результаты показали, что увеличение плотности трудовых мигрантов на 10 человек на 1000 занятых снижает безработицу на 0,12–0,18 п.п. и повышает занятость на 0,25–0,30 п.п., положительно влияет на производительность труда (эластичность 0,08–0,12). Оценки вклада собственно международных мигрантов в валовой региональный продукт оказываются на порядок скромнее распространённых агрегированных показателей; на примере усреднённого региона-реципиента он составляет около 0,1% ВРП, что делает основной акцент не на текущем вкладе, а на потенциале системы адресного контрактного привлечения через профессиональное образование. Выводы: патентная система неэффективна (бюджет получает лишь 28% потенциальных налогов); необходимы переход к контрактной модели целевой миграции, создание цифровой платформы и Миграционного кодекса РФ, а также широкое внедрение программ целевой подготовки кадров из числа иностранных граждан в системе среднего профессионального образования.

Ключевые слова: трудовая миграция, рынок труда, кадровый дефицит, сбалансированность, интегральный вклад мигрантов, миграционная политика, контрактная миграция.

Введение

Российская экономика на современном этапе испытывает устойчивый кадровый голод, превратившийся в одно из ключевых препятствий для экономического роста [3, с. 45–47]. Согласно оценкам аналитической компании FinExpertiza, по сравнению с 2021 годом кадровый резерв страны сократился на 2,6 млн человек [4, с. 1–2]. Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП) фиксирует нехватку персонала в промышленности в объёме около 2 млн человек [5, с. 1–2]. Председатель Банка России Э.С. Набиуллина, выступая на «Альфа-саммите» в апреле 2026 года, подчеркнула, что ранее в современной истории страны подобного дефицита рабочих рук не наблюдалось [6, с. 1–2].

По итогам второго квартала 2025 года уровень безработицы в РФ опустился до 2,2% – минимального значения за всю историю наблюдений, причём снижение зафиксировано в 72 регионах [3, с. 45–46]. Одновременно численность занятых в неформальном секторе достигла 15,8 млн человек, что составляет 21,3% от всей занятости [3, с. 112]; это свидетельствует о высоком уровне теневой занятости, характерном и для среды иностранных работников.

Прогнозы Министерства экономического развития и Министерства труда РФ указывают, что к 2030 году дополнительная потребность национальной экономики в кадрах составит приблизительно 3,1 млн человек [8, с. 1–2]. Вице-премьер А.В. Новак в своём выступлении на форуме по повышению производительности труда отметил, что в ближайшие пять лет предстоит заместить около 11 млн рабочих мест в связи с уходом сотрудников на пенсию [7, с. 1–2].

В сложившихся условиях внешняя трудовая миграция приобретает критическое значение. По экспертным прикидкам, доля мигрантов в формировании ВВП страны достигает 7–8% [10, с. 1–2]. Руководитель Главного управления по вопросам миграции МВД РФ В.А. Казакова на ПМЭФ-2025 сообщила, что в России трудится около 3 млн иностранцев [2, с. 31–33]. В 2025 году патентную систему оформили примерно 2,3 млн иностранных граждан, что на 185 тыс. превышает показатель 2024 года [2, с. 17–19].

15 октября 2025 года Президент РФ подписал Указ № 738, утвердивший новую Концепцию государственной миграционной политики на 2026–2030 годы [1, с. 1–3]. Однако в 2024–2026 годах был принят ряд законодательных актов, ужесточающих правила пребывания иностранцев: срок временного нахождения сокращён до 90 дней в году, повышены пошлины за получение гражданства и вида на жительство, ужесточены экзаменационные требования [1, с. 45–47]. К 1 апреля 2026 года число иностранных граждан, законно находящихся в России, уменьшилось на 700 тыс. – до 6,1 млн человек [2, с. 10–12]. В первом квартале 2026 года въезд иностранцев сократился на 15% [2, с. 5–6].

Таким образом, задача количественной оценки воздействия трудовой миграции на равновесие российского рынка труда и выработка действенных механизмов регулирования становятся исключительно актуальными.

Литературный обзор

Фундаментальные теоретические положения в области трудовой миграции разработаны зарубежными учёными. Э. Ли сформулировал «теорию push-pull» (притяжения-выталкивания) [18, p. 47–57]. Д. Массей развил теорию миграционных сетей, акцентирующую роль социальных связей [17, p. 112–115]. В. Зелински выдвинул гипотезу о смене моделей мобильности [19, p. 219–249]. К. Зиммерман изучал последствия миграции для рынков труда [14, p. 56–78]. Г. Беккер анализировал миграцию через концепцию человеческого капитала [22, p. 88–92]. Дж. Борхас предложил модель «эффекта вытеснения» (substitution effect) [14, p. 112–115]. М. Пайор разработал теорию сегментированного рынка труда, согласно которой иностранцы заполняют непривлекательные для местных жителей ниши [15, p. 56–78].

Среди отечественных исследователей следует отметить В.А. Ионцева, Ж.А. Зайончковскую, Л.Л. Рыбаковского, С.В. Рязанцева, В.И. Мукомеля, И.В. Ивахнюк [21, с. 38–48; 21, с. 19–25; 21, с. 112–120; 4, с. 45–50; 6, с. 39–47; 5, с. 78–85]. Экономические аспекты влияния миграции на рынок труда освещены в публикациях О.С. Чудиновских, М.Б. Денисенко, Е.С. Красинец, А.В. Топилина, О.А. Парфенцевой [9, с. 32–46; 9,

с. 31–41; 21, с. 192–200; 7, с. 112–125; 21, с. 106–115]. Проблематике миграционной политики и её результативности посвящены труды В.А. Волоха, Н.А. Ворониной, Т.А. Прудниковой [10, с. 28–35; 10, с. 39–47; 21, с. 280–290]. Методологические подходы к выделению вклада именно внешних трудовых мигрантов (в отличие от совокупной миграции) детально проработаны в работе Е.Х. Тухтаровой, где показано, что агрегированные оценки часто завышают роль международной миграции из-за смешения с внутрироссийским движением рабочей силы [11, с. 45–52].

Значительная часть перечисленных работ базируется на статистических данных, завершающихся 2022 годом, и не отражает кардинальных перемен последних лет – рекордного снижения безработицы, изменения структуры миграционных потоков, ужесточения нормативной базы и принятия новой Концепции на 2026–2030 годы. Представленное исследование призвано ликвидировать этот пробел с учётом методологического требования раздельного учёта внешней и внутренней миграции.

Материалы и методы

Для количественного анализа воздействия трудовой миграции на равновесное состояние рынка труда был задействован панельный подход с охватом 85 регионов РФ за временной интервал 2015–2025 гг. Информационную базу сформировали: данные Росстата (численность занятых, уровень безработицы, среднемесячная заработная плата, ВРП) [3, с. 45–48; 3, с. 112–115]; сведения МВД РФ о количестве выданных патентов и разрешений на работу [2, с. 17–19]; авторские расчётные оценки численности нелегальных мигрантов [9, с. 12–15].

Эконометрический инструментарий включал модель с фиксированными эффектами (FE) для нивелирования ненаблюдаемой неоднородности регионов, модель с инструментальными переменными (IV) для устранения эндогенности (в качестве инструмента применялась численность мигрантов в соседних субъектах РФ) и модели панельной коррекции ошибок (ECM) для исследования долгосрочной динамики.

Особое внимание в работе уделено разделению двух типов миграции. В большинстве официальных публикаций понятие «мигрант» объединяет как граждан РФ, переезжающих между регионами, так и иностранных граждан. Вклад собственно международных трудовых мигрантов в ВРП рассчитывался на основе данных ГУВМ МВД о численности иностранных граждан, имеющих действующий патент или разрешение на работу на территории региона, отраслевой структуры занятости мигрантов (преимущественно строительство, сельское хозяйство, торговля) и оценок производительности труда иностранных работников относительно средних по отрасли, полученных из выборочных обследований Росстата и РАНХиГС.

Результаты

Влияние на уровень безработицы и занятость. Оценки FE-модели свидетельствуют: прирост плотности мигрантов на 10 человек в расчёте на 1000 занятых ведёт к уменьшению безработицы на 0,12–0,18 п.п. ($p < 0,05$) и увеличению коэффициента занятости на 0,25–0,30 п.п. ($p < 0,01$). Отраслевая дифференциация эффекта: в строительстве и сельском хозяйстве снижение безработицы достигает 0,25 п.п.; в обрабатывающей промышленности наблюдается мультипликативный эффект (+0,08 п.п. снижения безработицы в смежных секторах); в торговле и услугах статистически значимого влияния не выявлено. Полученные выводы соответствуют теоретическим построениям М. Пайора о комплементарной (дополняющей) роли мигрантов [15, p. 78–82].

Увеличение плотности мигрантов на 10 человек на 1000 занятых сопровождается понижением заработной платы в среднем на 0,3–0,5% ($p < 0,10$). Наиболее выражен эффект в строительстве (0,9–1,2%, $p < 0,05$) и сельском хозяйстве (0,7–1,0%, $p < 0,05$); в промышленности и торговле он статистически незначим. Нелегальная занятость усиливает негативное влияние в 1,5–2 раза. Эти результаты подтверждают модель Дж. Борхаса [14, p. 120–125].

Повышение плотности мигрантов на 10 человек на 1000 занятых увеличивает производительность труда на 0,2–0,4% ($p < 0,05$). Эластичность производительности по доле мигрантов в населении составляет 0,08–0,12. За 2015–2025 гг. вклад миграции в прирост ВРП 30 регионов составил от 10% до 25% – эта цифра, однако, относится к совокупной миграции (включая внутрироссийскую).

В соответствии с методологией, предложенной Е.Х. Тухтаровой, оценка вклада внешних трудовых мигрантов должна осуществляться без смешения с внутренней миграцией [11, с. 45–52]. На основе данных по количеству действующих патентов (в среднем по регионам-реципиентам) и отраслевых норм добавленной стоимости была рассчитана таблица 1, демонстрирующая, что вклад международных мигрантов в ВРП в большинстве регионов не превышает 0,2–0,3%, а в усреднённом регионе-реципиенте составляет около 0,1% ВРП. Это кардинально отличается от популярных агрегированных показателей (на уровне 10–25%), которые включают в себя внутреннюю миграцию. По оценкам НИУ ВШЭ, доля международных мигрантов в ВРП Москвы составляет около 7,9%, тогда как суммарный вклад всех мигрантов (включая внутренних) оценивается в 23–25% [10, с. 8–10]. Таким образом, основной потенциал миграционной политики заключается не столько в текущем вкладе (который относительно невелик), сколько в переформатировании системы привлечения – переходе от стихийной патентной модели к целевому контрактному набору, способному дать существенный мультипликативный эффект.

Таблица 1

Оценка вклада международных трудовых мигрантов в ВРП (усреднённый регион-реципиент, 2025 г.)

Показатель	Значение
Количество действующих патентов (тыс.)	45
Средняя ежемесячная плата по патенту (руб.)	6 500
Годовые поступления от патентов (млрд руб.)	3,5
Оценка добавленной стоимости, созданной мигрантами (млрд руб.)	2,8
ВРП региона (млрд руб.)	2 800
Доля добавленной стоимости мигрантов в ВРП (%)	0,10

Примечание: расчёт основан на усреднённых данных по 10 типичным регионам-реципиентам (Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Ленинградская область, Краснодарский край, Свердловская, Тюменская, Иркутская, Новосибирская области, Приморский край).

Показатель, определяемый как отношение реальных налоговых поступлений от мигрантов к потенциально возможным, в 2025 году составил для России 0,28. Для сравнения, в Германии он равен 0,72, в Канаде – 0,81 [13, p. 210–215]. Столь низкое значение объясняется чрезмерно высокой стоимостью легализации: в Москве с 2026 года патент подорожал до 10 000 руб./мес. [19, с. 2–3], в других крупных регионах – до 8 000–10 800 руб./мес. Завышенные патентные платежи подталкивают мигрантов к уходу в теневую занятость, что не только сокращает бюджетные поступления, но и обесценивает потенциальный вклад внешней миграции в региональную экономику.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают комплементарную роль внешней трудовой миграции в российской экономике, однако масштаб текущего вклада иностранных работников в ВРП большинства регионов остаётся скромным. Это связано не с отсутствием потребности в рабочей силе, а с неэффективностью доминирующей патентной модели, которая провоцирует массовый уход в тень и не создаёт стимулов для долгосрочного закрепления мигрантов.

Позитивным примером диверсификации стран-доноров служит подписанное в декабре 2025 года межправительственное соглашение с Индией, предусматривающее квоту на 2026 год в 71 800 человек [18, с. 1–2]. К концу 2025 года в России уже работали 70–80 тыс. индийцев с заработной платой около 100 тыс. руб./мес. [21, с. 6–8]. Однако сам по себе количественный рост не решает проблему – ключевым остаётся переход от стихийной, во многом нелегальной миграции к управляемой контрактной системе, сочетающей профессиональную подготовку (в том числе на базе организаций среднего профессионального образования), обязательную отработку и социальную интеграцию. Именно такие подходы – так называемая «умная миграция» – уже апробированы в ряде регионов и могут быть масштабированы на федеральный уровень. Целесообразно широкое внедрение программ, в рамках которых иностранные граждане проходят предварительное обучение (включая языковую подготовку и основы законодательства) на территории страны происхождения, а затем заключают долгосрочные контракты с российскими работодателями при поддержке государства. Это позволит не только повысить производительность мигрантов, но и обеспечить более полную собираемость налогов.

На 2026 год Правительство РФ установило квоту на визовых иностранных работников в размере 278,9 тыс. человек (0,4% от занятого населения). Основная концентрация мигрантов сохраняется в Москве (26,7%), Московской области (18,5%), Санкт-Петербурге (12,2%) [21, с. 4–5]. В I квартале 2026 года иностранцы имели более 1,7 млн действующих патентов; налоговые поступления от патентной системы превысили 35 млрд руб. (рост на 13%) [2, с. 7–9]. Количество лиц с разрешениями на работу увеличилось на 36,9% (до 214 тыс.), причём почти половину составили квалифицированные специалисты [2, с. 11–13].

Заключение

Проведённое исследование позволяет сделать вывод, что трудовая миграция в России выполняет комплементарную функцию: повышение плотности мигрантов на 10 человек на 1000 занятых сокращает безработицу на 0,12–0,18 п.п., увеличивает занятость на 0,25–0,30 п.п. и производительность труда на 0,2–0,4%, что корреспондирует с теорией сегментированного рынка труда М. Пайора. Вместе с тем вклад собственно международных трудовых мигрантов в ВРП регионов значительно скромнее агрегированных показателей, смешивающих внешнюю и внутреннюю миграцию. Для усреднённого региона-реципиента он оценивается на уровне около 0,1% ВРП, что свидетельствует о необходимости фокусироваться не на текущем вкладе, а на создании условий для его многократного увеличения за счёт системных реформ.

Действующая патентная система демонстрирует низкую результативность: бюджет аккумулирует лишь 28% потенциальных налогов. Главная причина – чрезмерно высокая стоимость легализации (патент до 10 860 руб./мес.), подталкивающая мигрантов к теневой занятости. Перспективные направления реформирования включают переход к контрактной модели адресной миграции, ориентированной на конкретные предприятия и дефицитные профессии; снижение ежемесячной стоимости патента до 3–4 тыс. руб. с одновременным упрощением процедур легализации для участников целевых программ; создание Единой цифровой платформы «Трудовая миграция», интегрирующей базы вакансий, резюме и верифицированных документов; разработку и принятие Миграционного кодекса РФ, закрепляющего чёткие категории мигрантов и институт «миграционного контракта»; диверсификацию стран-доноров (соглашение с Индией – модельный пример). Особое значение имеет широкое внедрение программ целевой подготовки кадров из числа иностранных граждан в системе среднего профессионального образования, которые позволяют сочетать профессиональное обучение с языковой и правовой адаптацией, а также обеспечивают гарантированное трудоустройство по окончании обучения. Реализация предложенного комплекса мер позволит к 2030 году повысить долю легально работающих мигрантов до 80–85%, обеспечить ежегодный прирост бюджетных поступлений на 500–700 млрд руб. и сократить потери ВВП от кадрового дефицита на 1,0–1,5 трлн руб. в год.

Литература

1. О Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2026–2030 годы : указ Президента РФ от 15.10.2025 № 738 // Собрание законодательства РФ. – 2025. – № 42. – Ст. 5896.
2. Министерство внутренних дел Российской Федерации. Сведения о миграционной ситуации в Российской Федерации за 2020–2025 годы : статистический бюллетень. – М. : ГУВМ МВД России, 2026. – 210 с.
3. Федеральная служба государственной статистики. Труд и занятость в России : статистический сборник. – М. : Росстат, 2025. – 320 с.
4. FinExpertiza. Кадровый резерв экономики сократился на 2,6 млн человек. – 2026. – URL: https://finexpertiza.ru (дата обращения: 14.06.2026).
5. РСПП. Оценка дефицита кадров в промышленности. – 2025. – URL: https://rspp.ru (дата обращения: 14.06.2026).
6. Набиуллина Э.С. Выступление на «Альфа-саммите». – 2026. – 15 апреля. – URL: https://cbr.ru (дата обращения: 14.06.2026).
7. Новак А.В. Выступление на форуме по повышению производительности труда. – 2026. – 19 мая. – URL: https://dumatv.ru (дата обращения: 14.06.2026).
8. Минэкономразвития РФ. Прогноз социально-экономического развития РФ до 2030 года. – М., 2025. – 120 с.
9. Российская академия народного хозяйства и государственной службы. Мониторинг рынка труда и занятости мигрантов в Российской Федерации : аналитический доклад. – М. : РАНХиГС, 2026. – 118 с.
10. НИУ ВШЭ. Оценка влияния иммиграции на развитие экономики России и её регионов : аналитический доклад. – М., 2025. – 45 с.
11. Тухтарова Е.Х. Влияние трудовой миграции на человеческий капитал и ВРП регионов России // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 45–52.
12. OECD. International Migration Outlook 2025. – Paris : OECD Publishing, 2025. – 380 p.
13. Borjas G.J. Immigration Economics. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 2014. – 288 p.
14. Piore M.J. Birds of Passage: Migrant Labor and Industrial Societies. – Cambridge : Cambridge University Press, 1979. – 240 p.
15. Massey D.S., Arango J., Hugo G., Kouaouci A., Pellegrino A., Taylor J.E. Worlds in Motion: Understanding International Migration at the End of the Millennium. – Oxford : Clarendon Press, 1998. – 362 p.
16. Lee E.S. A Theory of Migration // Demography. – 1966. – Vol. 3. – № 1. – P. 47–57.
17. Zelinsky W. The Hypothesis of the Mobility Transition // Geographical Review. – 1971. – Vol. 61. – № 2. – P. 219–249.
18. Распоряжение Правительства РФ от 02.12.2025 № 3540-р «О подписании Соглашения между РФ и Республикой Индией о временной трудовой деятельности». – URL: http://government.ru (дата обращения: 14.06.2026).
19. Мосгордума повысила стоимость патентов для мигрантов до 10 тыс. рублей // РБК. – 2025. – 1 ноября. – URL: https://www.rbc.ru (дата обращения: 14.06.2026).
20. В Новосибирской области подорожали патенты для мигрантов // НГС. – 2025. – 20 декабря. – URL: https://ngs.ru (дата обращения: 14.06.2026).
21. Правительство РФ установило квоту на привлечение иностранных работников на 2026 год // ТАСС. – 2025. – 10 декабря. – URL: https://tass.ru (дата обращения: 14.06.2026).
22. Becker G.S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. – Chicago : University of Chicago Press, 1964. – 187 p.

Labor migration as a factor of Russian labor market balance: economic impact assessment and regulation directions

Popov D.A.

Novosibirsk State University of Economics and Management "NINH" (NSUEM)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Objective – to develop theoretical and methodological provisions and practical recommendations for improving the efficiency of labor migration use to ensure the balance of the Russian labor market. Methods include econometric analysis of panel data for 85 constituent entities of the Russian Federation for 2015–2025 (fixed effects models, instrumental variables), as well as a refined methodology for estimating the contribution of international labor migrants to the economy of host regions, separating external migration from internal movement. Results show that an increase in the density of labor migrants by 10 persons per 1,000 employed reduces unemployment by 0.12–0.18 p.p. and increases employment by 0.25–0.30 p.p., and positively affects labor productivity (elasticity 0.08–0.12). Estimates of the contribution of international migrants to gross regional product are an order of magnitude smaller than common aggregated figures; for an average recipient region it is about 0.1% of GRP, shifting the focus from current contribution to the potential of a targeted contractual recruitment system based on vocational education. Conclusions: the patent system is ineffective (the budget receives only 28% of potential taxes); a transition to a contractual model of targeted migration, the creation of a digital platform and the Migration Code of the Russian Federation are necessary, along with large-scale implementation of targeted training programs for foreign citizens in the vocational education system.

Keywords: labor migration, labor market, personnel shortage, balance, integral contribution of migrants, migration policy, contract migration.

References

1. On the Concept of State Migration Policy of the Russian Federation for 2026–2030 : Decree of the President of the Russian Federation No. 738 of October 15, 2025 // Collected Legislation of the Russian Federation. – 2025. – No. 42. – Art. 5896.
2. Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. Data on the Migration Situation in the Russian Federation for 2020–2025 : Statistical Bulletin. – Moscow : Main Directorate for Migration Affairs of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2026. – 210 p.
3. Federal State Statistics Service (Rosstat). Labor and Employment in Russia : Statistical Compilation. – Moscow : Rosstat, 2025. – 320 p.
4. FinExpertiza. The Labor Reserve of the Economy Declined by 2.6 Million People. – 2026. – URL: https://finexpertiza.ru (accessed: 14.06.2026).
5. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs (RSPP). Assessment of the Staff Shortage in Industry. – 2025. – URL: https://rspp.ru (accessed: 14.06.2026).
6. Nabiullina E.S. Speech at the Alpha Summit. – 2026. – April 15. – URL: https://cbr.ru (accessed: 14.06.2026).
7. Novak A.V. Speech at the Forum on Increasing Labor Productivity. – 2026. – May 19. – URL: https://dumatv.ru (accessed: 14.06.2026).
8. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Forecast of the Socio-Economic Development of the Russian Federation until 2030. – Moscow, 2025. – 120 p.
9. Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA). Monitoring of the Labor Market and Employment of Migrants in the Russian Federation : Analytical Report. – Moscow : RANEPA, 2026. – 118 p.
10. Higher School of Economics (HSE). Assessment of the Impact of Immigration on the Economic Development of Russia and Its Regions : Analytical Report. – Moscow, 2025. – 45 p.
11. Tukhtarova E.Kh. Vliyanie trudovoy migratsii na chelovecheskiy kapital i VRP regionov Rossii [The Impact of Labor Migration on Human Capital and GRP of Russian Regions] // Ekonomika i upravlenie [Economics and Management]. – 2022. – Vol. 28. – No. 2. – P. 45–52.
12. OECD. International Migration Outlook 2025. – Paris : OECD Publishing, 2025. – 380 p.
13. Borjas G.J. Immigration Economics. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 2014. – 288 p.
14. Piore M.J. Birds of Passage: Migrant Labor and Industrial Societies. – Cambridge : Cambridge University Press, 1979. – 240 p.
15. Massey D.S., Arango J., Hugo G., Kouaouci A., Pellegrino A., Taylor J.E. Worlds in Motion: Understanding International Migration at the End of the Millennium. – Oxford : Clarendon Press, 1998. – 362 p.
16. Lee E.S. A Theory of Migration // Demography. – 1966. – Vol. 3. – No. 1. – P. 47–57.

Трубопроводный газ и энергетическая безопасность Китая: сравнительный анализ поставок из России, Туркменистана, Казахстана и Мьянмы

Тимонин Иван Игоревич
аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, iitimonin@yandex.ru

В статье представлен сравнительный анализ ключевых маршрутов поставок трубопроводного газа в Китай из России, стран Центральной Азии и Мьянмы в контексте стратегии энергетической безопасности КНР до 2030 года. На основе данных 2024-2025 годов оцениваются экономическая эффективность, техническая надежность и геополитическая устойчивость каждого направления, а также их конкуренция с глобальным рынком сжиженного природного газа (СПГ). Автор приходит к выводу, что, несмотря на политику диверсификации, Россия превращается в ключевой источник прироста базовых трубопроводных поставок для газовой системы КНР, особенно на фоне ограничений центральноазиатского направления. Особое внимание уделено роли проекта «Сила Сибири-2» как геополитического инструмента Пекина для балансировки цен и минимизации рисков морской блокады.

Ключевые слова: энергетическая безопасность КНР, трубопроводный газ, Сила Сибири, Центральная Азия - Китай, Малаккская дилемма, диверсификация импорта, геополитические риски.

Введение

Парадигма энергетической политики Китайской Народной Республики за последнее десятилетие претерпела фундаментальную трансформацию, сместив фокус с простой ресурсной обеспеченности на комплексную устойчивость цепочек поставок. Если ранее доктрина Пекина базировалась на принципах автаркии и преимущественном использовании собственной угольной генерации, то современный этап характеризуется признанием критической уязвимости перед внешними шоками. В документах 14-й пятилетки и долгосрочной стратегии «Видение 2035» понятие энергетической безопасности неразрывно связано с преодолением «Малаккской дилеммы» - стратегической зависимости от морских путей, контролируемых геополитическими оппонентами. В этом контексте диверсификация маршрутов импорта перестала быть исключительно экономической задачей, перейдя в плоскость национальной безопасности, где сухопутные трубопроводы рассматриваются как страховой механизм на случай возможной морской блокады или нестабильности в проливах.

Параллельно с геополитическими вызовами на структуру импорта влияет климатическая повестка, закрепленная в обязательствах по достижению углеродной нейтральности к 2060 году. Природный газ в энергобалансе КНР выполняет функцию безальтернативного «переходного топлива», позволяющего сгладить отказ от угля и балансировать энергосистему в условиях прерывистой генерации ВИЭ. Несмотря на интенсификацию собственной добычи в бассейнах Тарим и Ордос, темпы внутреннего производства не успевают за ростом промышленного и коммунального потребления, что сохраняет импортозависимость страны на уровне, превышающем 40%. В сложившейся конфигурации сравнительный анализ трубопроводных поставок из России, стран Центральной Азии и Мьянмы позволяет оценить не только экономическую эффективность каждого маршрута, но и их вклад в формирование новой архитектуры евразийской энергетической безопасности.

Инфраструктурный каркас: маршруты и пропускная способность

Современная архитектура газового импорта Китая базируется на принципе географической диверсификации, включающей три ключевых сухопутных коридора: северо-восточный (Россия), западный (Центральная Азия) и южный (Мьянма). Каждый из них обладает уникальными техническими характеристиками и стратегическим значением, формируя сложную систему балансировки энергоснабжения.

Российское направление (Север и Северо-Восток)

Россия последовательно закрепляется в статусе ключевого поставщика, развивая сразу несколько маршрутов. Основной артерией на данный момент является газопровод «Сила Сибири-1» (восточный маршрут), запущенный в эксплуатацию в декабре 2019 года. К декабрю 2024 года он досрочно вышел на полную проектную мощность в 38 млрд куб. м в год. Фактические поставки в 2024 году составили 31,12 млрд куб. м, при этом суточные объемы в зимний период неоднократно превышали контрактные обязательства [12]. Трубопровод снабжает северо-восточные провинции КНР (Хэйлунцзян, Цзилинь, Ляонин), исторически страдавшие от дефицита экологически чистого топлива, и интегрирован в национальную сеть через стыковку с газопроводом Хэйхэ - Шанхай.

Вторым реализуемым проектом является «Дальневосточный маршрут» с Сахалина (через Хабаровск во Владивосток и далее в Китай). Межправительственное соглашение подписано в феврале 2022 года, ратифицировано в июне 2023. Поставки по Дальневосточному маршруту планируется начать в 2027 году с последующим наращиванием до 12 млрд куб. м в год [14]. Текущей ресурсной базой являются существующие шельфовые месторождения; Сахалин-3 (запуск 2028) станет дополнительным источником.

Наиболее масштабным, но пока не финализированным проектом остается «Сила Сибири-2», который предполагает транзит газа из Ямало-Ненецкого автономного округа через Монголию (газопровод «Союз-Восток») мощностью до 50 млрд куб. м в год [7]. По состоянию на май 2026 года финальное коммерческое соглашение по проекту не было объявлено; сохранялась неопределенность по ценовой формуле, срокам реализации и распределению инвестиционных обязательств [19]. Китайская сторона, обладая широкой корзиной альтернативных источников газа,

заинтересована в максимально благоприятных коммерческих условиях, тогда как Россия стремится закрепить долгосрочный экспортный канал для западносибирской ресурсной базы.

Центральноазиатский коридор (Запад)

Газопровод «Центральная Азия - Китай» (CAGP) представляет собой становой хребет импортной инфраструктуры КНР на западе. Система состоит из трех действующих параллельных ниток (A, B и C) общей протяженностью 1833 км и суммарной мощностью 55 млрд куб. м в год [1].

- Туркменистан исторически был основным донором, обеспечивая более 75% поставок, однако в 2024-2025 годах доля снижается из-за приоритизации внутреннего потребления [1; 5].
- Казахстан и Узбекистан играют двойную роль: транзитеров туркменского газа и экспортеров собственного сырья. Однако их вклад снижается: из-за стремительного роста внутреннего потребления обе страны периодически приостанавливают экспорт в зимние пики [8].

Четвертая нитка (Line D) проектной мощностью 30 млрд куб. м в год остается фактически отложенной, несмотря на ранее заявленное продвижение проекта на территории Таджикистана [1]. Реализация затягивается из-за сложного горного рельефа, высокой капиталоемкости, транзитных рисков и изменения переговорного баланса на фоне роста роли российских маршрутов.

Мьянманский коридор (Юг)

Газопровод Мьянма - Китай введен в эксплуатацию в 2013 году и связывает глубоководный порт Кьяукпью в Бенгальском заливе с провинцией Юньнань. Его проектная мощность составляет 12 млрд куб. м в год, однако фактическая загрузка остается низкой - на уровне 4-5 млрд куб. м. Ключевая особенность маршрута - он не столько снабжает Китай газом (доля Мьянмы в общем импорте газа КНР составляет менее 2-3% или 5-6% от трубопроводного импорта, если считать по подкатегории), сколько решает логистическую задачу обхода Малаккского пролива [10].

Таблица 1

Сравнительная характеристика действующих и перспективных газопроводов в КНР (2025 г.)

Газопровод	Страна-поставщик	Проектная мощность (млрд куб. м/год)	Текущий статус	Ключевая особенность
Сила Сибири-1	Россия	38	Действующий (полная загрузка)	Основной канал поставок из РФ, ресурсная база Якутии и Иркутска
Дальневосточный	Россия	10-12	Строящийся / подготовка к старту поставок с 2027 г.	Короткое транспортное плечо, ресурсная база Сахалина, поэтапное наращивание поставок
Сила Сибири-2	Россия	50	Проектируемый (переговоры)	Потенциально крупнейший маршрут, соединяет газовые рынки Европы и Азии
Центральная Азия (A, B, C)	Туркменистан, Узбекистан, Казахстан	55	Действующий	Крупнейшая действующая система, высокая зависимость от транзита
Центральная Азия (D)	Туркменистан	30	Проектируемый	Новый маршрут через Таджикистан/Кыргызстан
Мьянма - Китай	Мьянма	12	Действующий (недозагружен)	Единственный маршрут в обход Малаккского пролива, выход в Индийский океан

Анализ инфраструктурной карты показывает, что к 2025 году Китай сформировал диверсифицированный портфель поставщиков, где ни один из маршрутов не обладает критической монополией, однако наблюдается явный перекос: Центральноазиатский коридор близок к пределу пропускной способности, Мьянманский маршрут выполняет узкую нишевую функцию, а основной потенциал прироста объемов (свыше 60 млрд куб. м) сосредоточен исключительно на российском направлении, что делает Москву безальтернативным партнером для следующего этапа газификации КНР.

Методология сравнительного анализа (Факторы риска)

Оценка энергетической безопасности трубопроводных поставок требует многомерного подхода, который выходит за рамки простого учета объемов и учитывает комплекс факторов, определяющих устойчивость цепочек поставок. В международной практике оценки энергетической безопасности применяется методология, которая классифицирует риски по трем основным категориям: экономической целесообразности, надежности физических поставок и геополитической устойчивости, к каждой из которых приложены конкретные индикаторы и критерии.

Экономическая целесообразность

Первый аспект анализа сосредоточен на вопросе цены и ее волатильности. Ценовые формулы по крупным трубопроводным контрактам остаются в значительной степени непубличными; по имеющимся оценкам, они могут включать элементы нефтяной индексации, однако конкретные параметры различаются по маршрутам и контрактам. Для Китая важным преимуществом трубопроводного газа является не только потенциально более низкая стоимость по сравнению со спотовым СПГ, но и предсказуемость долгосрочных поставок [5, 6]. Второй компонент экономического риска - затраты на транзит. Центральноазиатская система требует учета транзитных платежей и согласования интересов нескольких стран, тогда как российские маршруты, особенно восточный и дальневосточный, обладают более простой инфраструктурной конфигурацией [1].

Надежность поставок

Второй критический фактор - стабильность физических потоков в течение года, особенно в пиковые периоды спроса. История поставок показывает, что устойчивость отдельных маршрутов различается. Туркменистан, несмотря на статус крупнейшего поставщика в Центральной Азии, периодически сталкивается с техническими ограничениями и ростом внутреннего потребления. В начале 2019 года Туркменистан сократил поставки в Китай на несколько дней из-за внутренних аварий, что показало чувствительность центральноазиатского направления к техническим сбоям [4]. Казахстан и Узбекистан, через территорию которых проходит транзит газа к Китаю, испытывают растущую нагрузку на собственные энергосистемы: увеличение внутреннего промышленного и коммунального спроса периодически ограничивает их экспортный потенциал. По данным таможенной статистики за июнь 2025 года, поставки из Казахстана снизились на 36%, а из Туркменистана - на 7% по сравнению с предыдущим годом [15]. Российское направление демонстрирует иной профиль надежности: «Сила Сибири-1» вышла на проектный уровень и обеспечивала суточные поставки выше контрактных объемов в периоды высокого спроса [12]. Дальневосточный маршрут и перспективная «Сила Сибири-2» также опираются на крупную ресурсную базу, менее зависимую от сезонных колебаний внутреннего спроса в приграничных регионах.

Геополитическая устойчивость

Для России основной риск связан с санкционной средой и ее возможным влиянием на финансирование, технологическое обеспечение и расчеты по новым инфраструктурным проектам. По состоянию на май 2026 года финальное коммерческое соглашение по «Силе Сибири-2» не было объявлено; сохранялась неопределенность по цене, срокам реализации и распределению инвестиционных обязательств [19]. При этом существующие маршруты поставок обладают большей устойчивостью, поскольку уже встроены в долгосрочную двустороннюю энергетическую повестку России и Китая. Для Туркменистана, Казахстана и Узбекистана ключевые риски связаны прежде всего с транзитной конфигурацией, ростом внутреннего спроса и региональной устойчивостью. Мьянма представляет собой наиболее уязвимый случай с точки зрения физической безопасности инфраструктуры: внутриполитическая нестабильность после 2021 года создает риски для обслуживания и защиты трубопроводного коридора.

Инфраструктурная гибкость и дополнение

Четвертый критерий определяет возможность переключения между маршрутами в случае возникновения проблем с одним из них. Система газопроводов КНР характеризуется ограниченной гибкостью: каждый регион привязан к конкретному маршруту (северо-восток к «Силе Сибири», центральные регионы к Центральноазиатскому коридору, юго-запад к мьянманскому маршруту). Это означает, что локальная нехватка газа не может быть быстро компенсирована за счет другого источника без развития взаимосвязывающей инфраструктуры. Однако в стратегическом плане Китай инвестирует в развитие стыков между различными системами, планируя создать единую национальную сеть.

Конкурентный фон: Сжиженный природный газ

Наконец, важно учитывать конкурентное давление со стороны мирового рынка сжиженного природного газа (СПГ), который предоставляет Китаю гибкость, не доступную при трубопроводном импорте. В первой половине 2025 года Китай импортировал СПГ в объеме 76,65 млн т в год, при этом Австралия, Катар, США и Малайзия были основными поставщиками [17]. Хотя СПГ обычно дороже трубопровода (из-за затрат на сжижение, танкеры и регазификацию), он предлагает покупателю маршрутную гибкость и защиту от геополитических разрывов в конкретных трубопроводах. Для Пекина поддержание доли СПГ в портфеле импорта служит страховым полисом против монопольного поведения поставщиков трубопроводного газа.

Результаты оценки поставщиков

Российские поставки: экспансия

Россия к 2025 году закрепила за собой статус самого динамичного поставщика на рынке КНР. Ключевое преимущество российских поставок - сочетание колоссальной ресурсной базы и готовности предоставлять стратегический дисконт. По данным таможенной статистики за 2025 год, Россия стала крупнейшим единым поставщиком трубопроводного газа, обогнав Туркменистан по месячным показателям во второй половине года.

- Ресурсная устойчивость: В отличие от конкурентов, Россия обладает профицитом добычных мощностей (Ямал, Восточная Сибирь), которые были переориентированы с европейского рынка. Это гарантирует Китаю стабильность объемов на десятилетия вперед, чего не могут предложить истощающиеся месторождения Центральной Азии.

- Геополитические риски: Главная слабость РФ - уязвимость перед вторичными санкциями, затрудняющими финансовые транзакции и доступ к технологиям для сжижения или сложной добычи. Кроме того, Пекин опасается чрезмерной зависимости от Москвы, искусственно затягивая подписание контракта по «Силе Сибири-2», чтобы не дать России рычаг давления, аналогичный тому, что имел «Газпром» в Европе.

- Ценовая привлекательность: Из-за сужения альтернативных рынков сбыта Россия вынуждена предлагать Китаю цены ниже среднерыночных. Оценочный экономический эффект для Китая от покупки российских углеводородов вместо ближневосточных аналогов превысил 7-12 млрд долларов с 2022 года [6].

Туркменистан и Центральная Азия: кризис надежности

Туркменистан исторически был главным газовым партнером Китая, но его позиции слабеют под давлением внутренних факторов.

- Инфраструктурная уязвимость: Несмотря на наличие трех ниток газопровода, Туркменистан демонстрирует высокую зависимость от единственного маршрута. Любая авария или погодная аномалия (как суровые морозы) приводит к срывам поставок. В 2024-2025 годах объемы экспорта из Туркменистана снижались на 7-12% в годовом исчислении именно в критические зимние месяцы [5].

- Проблема транзитеров (Казахстан и Узбекистан): Ранее надежные партнеры, эти страны превратились в фактор риска. Стремительный демографический и промышленный рост в Узбекистане и Казахстане заставил их перенаправить газ на внутренний рынок. В зимние периоды 2024-2025 годов Узбекистан фактически прекращал экспорт, а Казахстан сокращал его на 30-40%, чтобы избежать социальных бунтов из-за дефицита тепла [8]. Это вынуждает Китай рассматривать центральноазиатский маршрут как все менее предсказуемый.

Мьянма: геостратегия вместо объемов

Мьянма занимает особое место в матрице поставщиков. С точки зрения объемов её вклад пренебрежительно мал – менее 4% т/п импорта, а цена газа - одна из наиболее высоких из-за сложной логистики.

- Стратегическая функция: Трубопровод из порта Кьяукпью позволяет доставлять газ напрямую в провинцию Юньнань, минуя узкое «горлышко» Малаккского пролива, который может быть легко блокирован ВМС США в случае конфликта.

- Политический риск: После военного переворота 2021 года и продолжающейся гражданской войны, инфраструктура в Мьянме находится под постоянной угрозой диверсий.

Таблица 2

Матрица рисков поставщиков трубопроводного газа в Китай (2025 г.)

Поставщик	Надежность поставок	Ценовая привлекательность	Геополитический риск	Инфраструктурная зависимость
Россия	Высокая (профицит ресурсов)	Высокая (конкурентные коммерческие условия)	Средний / высокий. Санкционная среда может осложнять реализацию новых проектов; существующие маршруты относительно защищены долгосрочной двусторонней энергетической повесткой	Средняя (есть альтернативы СПГ, но нет альтернатив по объемам трубы)
Туркменистан	Средняя (сбои зимой, технические проблемы)	Средняя (привязка к нефти, дороже РФ)	Средняя. Политически нейтрален относительно Китая, но косвенно зависит от региональной стабильности (влияние России в ЦА)	Высокая (один маршрут через транзитеров)
Казахстан / Узбекистан	Низкая (приоритет внутреннего рынка)	Средняя	Средний (риски внутренней социальной напряженности и балансирование между внешними партнерами)	Высокая (являются частью транзитной цепи)
Мьянма	Низкая (малые объемы)	Низкая (высокая цена + тарифы)	Высокий (внутриполитическая нестабильность, риски для физической безопасности инфраструктуры)	Низкая (уникальный маршрут вне Малаккского пролива)

Синтез и дискуссия: Баланс интересов

Стратегия Пекина в газовом вопросе не ограничивается выбором самого дешевого поставщика, а строится на сложной архитектуре сдержек и противовесов, где трубопроводный импорт балансируется морскими поставками (СПГ), а конкуренция между Россией и Центральной Азией используется для диктата цен.

Труба против СПГ: Экономика против безопасности

В структуре газового импорта Китая наблюдается устойчивая конкуренция между трубопроводным газом и сжиженным природным газом (СПГ). По итогам 2024 года и первой половины 2025 года СПГ сохранял доминирующую долю в импорте (около 55-58% от общего объема внешних поставок), несмотря на более высокую стоимость [17].

- **Ценовой арбитраж:** Трубопроводный газ из России и Центральной Азии остается значительно дешевле морского аналога. В 2025 году средняя цена импорта трубопроводного газа оценивалась в диапазоне 6-8 долл. за млн БТЕ (MMBtu), тогда как спотовые цены на СПГ, несмотря на коррекцию, колебались в коридоре 10-13 долл. за MMBtu, с пиками до 15 долл. Зимой [6]. Таким образом, выбор в пользу СПГ - это сознательная переплата за гибкость.

- **Инфраструктурная логика:** СПГ обеспечивает доступ к газу для прибрежных провинций (Гуандун, Цзянсу, Шанхай), куда прокладка труб из Сибири или Синьцзяна экономически менее эффективна. Однако трубопроводы выигрывают в стабильности базовой нагрузки.

Таблица 3

Структура импорта газа КНР: Трубопроводы vs СПГ (2025 г.)

Тип поставок	Ключевые страны-поставщики	Средняя цена (оценка 2025, $/MMBtu)	Уязвимость маршрута	Стратегическая роль
Трубопроводный	Россия, Туркменистан, Казахстан, Мьянма	6 - 8	Сухопутная (стабильна, но зависит от транзитеров)	Базовая нагрузка энергосистемы, ценовая устойчивость, снижение зависимости от морских маршрутов
СПГ (Танкеры)	Австралия, Катар, США, Россия (Ямал)	10 - 13	Морская (высокая, риск блокады проливов)	Покрытие пикового спроса, гибкость, доступ к побережью

Выводы

Стратегический анализ поставок трубопроводного газа в КНР позволяет сформулировать ключевые выводы относительно будущей архитектуры энергетической безопасности Поднебесной.

Диверсификация с российским акцентом: Формально Китай придерживается стратегии диверсификации, но де-факто дрейфует в сторону усиления зависимости от России. Из всех трубопроводных поставщиков только Москва обладает ресурсной базой (Ямал, Восточная Сибирь), способной обеспечить прирост объемов более чем на 50 млрд куб. м к 2030 году [9]. Центральная Азия достигла инфраструктурного и ресурсного предела, а Мьянма останется нишевым игроком. Таким образом, роль России трансформируется из «одного из партнеров» в безальтернативного гаранта базовой нагрузки газовой системы КНР.

- **Иерархия стратегической устойчивости:**

1. **Россия («Сила Сибири»):** Наивысшая надежность физических поставок и ценовая привлекательность, но средние геополитические риски.

2. **Мьянма:** Критически важна как единственный «антиблокадный» маршрут, несмотря на экономическую неэффективность и риски саботажа.

3. **Туркменистан и ЦА:** Утрачивают статус «тихой гавани» из-за транзитных рисков и конкуренции за газ с собственным населением, превращаясь в наименее предсказуемое звено.

Роль «Силы Сибири-2» как геополитического рычага: Затягивание Пекином подписания финального контракта по проекту «Союз-Восток» (Сила Сибири-2) является не признаком незаинтересованности, а расчетливой стратегией [7]. Имея доступ к глобальному рынку СПГ и действующим трубам, Китай использует этот проект как инструмент давления на Москву для получения максимальных ценовых преференций. Однако в долгосрочной перспективе (после 2030 года), когда конкуренция за СПГ в мире обострится, реализация этого маршрута станет неизбежной для обеспечения энергетического перехода КНР.

Значение диверсификации маршрутов: Будущая модель безопасности будет строиться на дуализме «Труба + СПГ». Трубопроводный газ (преимущественно российский) создаст «подушку безопасности» с низкой себестоимостью для промышленности, а СПГ обеспечит покрытие пиковых нагрузок и гибкость для прибрежных мегаполисов. Отказ от

любой из этих компонент для Китая неприемлем, так как это нарушит хрупкий баланс между дешевизной и независимостью.

Литература

1. Beijing digs in for the Central Asia-China gas pipeline [Электронный ресурс] / G. Donnellon-May // Asia Society Policy Institute; Lowy Institute. - 2023. - 13 Dec. - Режим доступа: https://asiasociety.org (дата обращения: 25.05.2026).
2. Central Asia - Center Gas Pipeline System: Challenges and Prospects / D. Ranjbar, S. M. Mukan, A. A. Niyazgulova // RUDN Journal of International Relations. - 2024. - Vol. 24, № 1. - P. 25-39.
3. China's natural gas consumption to increase by 6.5% in 2025 [Электронный ресурс] / F. Kabakci // Anadolu Agency. - 2025. - 24 Jan. - Режим доступа: https://www.aa.com.tr (дата обращения: 25.05.2026).
4. China says Turkmenistan gas supply has returned to normal after disruptions [Электронный ресурс] // The Economic Times. - 2019. - 8 Jan. - Режим доступа: https://energy.economictimes.indiatimes.com (дата обращения: 25.05.2026).
5. Exports of Turkmen gas to China declining with start of supplies to domestic market [Электронный ресурс] // Interfax. - 2025. - 19 Aug. - Режим доступа: https://interfax.com (дата обращения: 25.05.2026).
6. How cheap is Russian natural gas via pipeline compared to LNG imports [Электронный ресурс] // Energy News Beat. - 2025. - 27 Aug. - Режим доступа: https://energynewsbeat.co (дата обращения: 25.05.2026).
7. How the Power of Siberia 2 Deal Could Reshape Global Energy [Электронный ресурс] / J. Nakano, L. Palti-Guzman // Center for Strategic and International Studies (CSIS). - 2025. - 5 Sept. - Режим доступа: https://www.csis.org (дата обращения: 25.05.2026).
8. Increased Reliance on Russia and Commitments to China Driving Uzbekistan's Gas Imports [Электронный ресурс] // The Jamestown Foundation. - 2025. - 21 July. - Режим доступа: https://jamestown.org (дата обращения: 25.05.2026).
9. Klimenko E. A Limited Lifeline: Russia's Role in China's Energy Security [Электронный ресурс] / E. Klimenko, J. Herndon // Center for European Policy Analysis (CEPA). - 2025. - 9 Sept. - Режим доступа: https://cepa.org (дата обращения: 25.05.2026).
10. Myanmar-China Oil and Gas Pipeline Projects: Strategic Analysis [Электронный ресурс] // BRI Monitor. - 2024. - Aug. - Режим доступа: https://brimonitor.org (дата обращения: 25.05.2026).
11. Power of Siberia 2: Russia's Pivot, China's Leverage, and Global Gas Implications [Электронный ресурс] // Columbia University. Center on Global Energy Policy. - 2025. - 2 Sept. - Режим доступа: https://www.energypolicy.columbia.edu (дата обращения: 25.05.2026).
12. Power of Siberia pipeline to reach design capacity of 38 bcm [Электронный ресурс] // Interfax Global Energy. - 2024. - 19 Sept. - Режим доступа: https://interfax.com (дата обращения: 25.05.2026).
13. Rising Production, Consumption Show China Is Gaining Ground in Its Natural Gas Goals [Электронный ресурс] / S. Nie, E. Downs // Columbia University. Center on Global Energy Policy. - 2024. - 2 Oct. - Режим доступа: https://www.energypolicy.columbia.edu (дата обращения: 25.05.2026).
14. Russia, China deepen energy ties as Western sanctions bite [Электронный ресурс] // S&P Global Commodity Insights. - 2025. - 25 Nov. - Режим доступа: https://www.spglobal.com (дата обращения: 25.05.2026).
15. Russia Overtakes Central Asian Suppliers in China's Gas Market [Электронный ресурс] // The Times of Central Asia. - 2025. - 20 Oct. - Режим доступа: https://timesca.com (дата обращения: 25.05.2026).
16. Strategic Gas Pricing in Myanmar : Research Project Report [Электронный ресурс] / Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA). - Jakarta : ERIA, 2023. - (Oil and Gas Strategic Pricing in Myanmar. ERIA Research Project Report FY2023 No. 02). - Режим доступа: https://www.eria.org (дата обращения: 25.05.2026).
17. Understanding the competitive landscape for China's LNG imports [Электронный ресурс] / S. Reynolds // Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA). - 2025. - Apr. - Режим доступа: https://ieefa.org (дата обращения: 25.05.2026).
18. Uzbekistan ends gas exports to China, abandons price increases at home [Электронный ресурс] // Eurasianet. - 2022. - 9 Jan. - Режим доступа: https://eurasianet.org (дата обращения: 25.05.2026).
19. What the Power of Siberia 2 Deal Really Means for Russia and China [Электронный ресурс] // The Moscow Times. - 2025. - 4 Sept. - Режим доступа: https://www.themoscowtimes.com (дата обращения: 25.05.2026).

Pipeline gas and China's energy security: a comparative analysis of supplies from Russia, Turkmenistan, Kazakhstan, and Myanmar

Timonin I.I.
Gubkin University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article presents a comparative analysis of key pipeline gas supply routes to China from Russia, Central Asian countries, and Myanmar within the context of the PRC's energy security strategy up to 2030. Based on data from 2024-2025, the study evaluates the economic efficiency, technical reliability, and geopolitical resilience of each route, as well as their competition with the global liquefied natural gas (LNG) market. The author concludes that, despite the policy of diversification, Russia is becoming a key source of incremental baseload pipeline gas supplies for China's gas system, especially amid the constraints facing the Central Asian route. Particular attention is paid to the role of the «Power of Siberia 2» project as a geopolitical instrument for Beijing to balance prices and minimize the risks of a naval blockade.

Keywords: PRC energy security, pipeline gas, Power of Siberia, Central Asia - China, Malacca dilemma, import diversification, geopolitical risks.

References

1. Beijing digs in for the Central Asia-China gas pipeline [Electronic resource] / G. Donnellon-May // Asia Society Policy Institute; Lowy Institute. - 2023. - 13 Dec. - Access mode: https://asiasociety.org (accessed: 25.05.2026).
2. Central Asia - Center Gas Pipeline System: Challenges and Prospects / D. Ranjbar, S. M. Mukan, A. A. Niyazgulova // RUDN Journal of International Relations. - 2024. - Vol. 24, No. 1. - P. 25-39.
3. China's natural gas consumption to increase by 6.5% in 2025 [Electronic resource] / F. Kabakci // Anadolu Agency. - 2025. - 24 Jan. - Access mode: https://www.aa.com.tr (accessed: 25.05.2026).
4. China says Turkmenistan gas supply has returned to normal after disruptions [Electronic resource] // The Economic Times. - 2019. - 8 Jan. - Access mode: https://energy.economictimes.indiatimes.com (accessed: 25.05.2026).
5. Exports of Turkmen gas to China declining with start of supplies to domestic market [Electronic resource] // Interfax. - 2025. - 19 Aug. - Access mode: https://interfax.com (accessed: 25.05.2026).
6. How cheap is Russian natural gas via pipeline compared to LNG imports [Electronic resource] // Energy News Beat. - 2025. - 27 Aug. - Access mode: https://energynewsbeat.co (accessed: 25.05.2026).
7. How the Power of Siberia 2 Deal Could Reshape Global Energy [Electronic resource] / J. Nakano, L. Palti-Guzman // Center for Strategic and International Studies (CSIS). - 2025. - 5 Sept. - Access mode: https://www.csis.org (accessed: 25.05.2026).
8. Increased Reliance on Russia and Commitments to China Driving Uzbekistan's Gas Imports [Electronic resource] // The Jamestown Foundation. - 2025. - 21 July. - Access mode: https://jamestown.org (accessed: 25.05.2026).
9. A Limited Lifeline: Russia's Role in China's Energy Security [Electronic resource] / E. Klimenko, J. Herndon // Center for European Policy Analysis (CEPA). - 2025. - 9 Sept. - Access mode: https://cepa.org (accessed: 25.05.2026).
10. Myanmar-China Oil and Gas Pipeline Projects: Strategic Analysis [Electronic resource] // BRI Monitor. - 2024. - Aug. - Access mode: https://brimonitor.org (accessed: 25.05.2026).
11. Power of Siberia 2: Russia's Pivot, China's Leverage, and Global Gas Implications [Electronic resource] // Columbia University. Center on Global Energy Policy. - 2025. - 2 Sept. - Access mode: https://www.energypolicy.columbia.edu (accessed: 25.05.2026).
12. Power of Siberia pipeline to reach design capacity of 38 bcm [Electronic resource] // Interfax Global Energy. - 2024. - 19 Sept. - Access mode: https://interfax.com (accessed: 25.05.2026).
13. Rising Production, Consumption Show China Is Gaining Ground in Its Natural Gas Goals [Electronic resource] / S. Nie, E. Downs // Columbia University. Center on Global Energy Policy. - 2024. - 2 Oct. - Access mode: https://www.energypolicy.columbia.edu (accessed: 25.05.2026).
14. Russia, China deepen energy ties as Western sanctions bite [Electronic resource] // S&P Global Commodity Insights. - 2025. - 25 Nov. - Access mode: https://www.spglobal.com (accessed: 25.05.2026).
15. Russia Overtakes Central Asian Suppliers in China's Gas Market [Electronic resource] // The Times of Central Asia. - 2025. - 20 Oct. - Access mode: https://timesca.com (accessed: 25.05.2026).
16. Strategic Gas Pricing in Myanmar: Research Project Report [Electronic resource] / Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA). - Jakarta : ERIA, 2023. - (Oil and Gas Strategic Pricing in Myanmar. ERIA Research Project Report FY2023 No. 02). - Access mode: https://www.eria.org (accessed: 25.05.2026).
17. Understanding the competitive landscape for China's LNG imports [Electronic resource] / S. Reynolds // Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA). - 2025. - Apr. - Access mode: https://ieefa.org (accessed: 25.05.2026).
18. Uzbekistan ends gas exports to China, abandons price increases at home [Electronic resource] // Eurasianet. - 2022. - 9 Jan. - Access mode: https://eurasianet.org (accessed: 25.05.2026).
19. What the Power of Siberia 2 Deal Really Means for Russia and China [Electronic resource] // The Moscow Times. - 2025. - 4 Sept. - Access mode: https://www.themoscowtimes.com (accessed: 25.05.2026).

Тенденции мирового рынка нефтепродуктов: анализ текущей ситуации и факторов роста

Уленгова Татьяна Георгиевна
старший преподаватель, Высшая школа физико-математических наук, Тихоокеанский государственный университет, 000516@togudv.ru

В статье исследуются современные тенденции развития мирового рынка нефтепродуктов. Рассмотрены основные научные концепции происхождения нефти, влияние научно-технического прогресса на добычу и потребление углеводородов, а также политические, геополитические и экономические факторы, определяющие динамику нефтяного рынка. Проанализированы структура мировых запасов нефти, территориальная концентрация ресурсов, ключевые маршруты транспортировки и роль ведущих стран-экспортёров. Особое внимание уделено современным трансформациям мирового нефтяного рынка, роста использования возобновляемых источников энергии и электрификации транспорта. На основе актуальных статистических данных и прогнозов рассмотрены перспективы мирового спроса на нефть до 2030 года и факторы, способные оказать влияние на дальнейшее развитие нефтяной отрасли.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, нефтяной рынок, экспорт, импорт.

Во многом текущая ситуация на рынке нефтепродуктов была сформирована научными подходами к пониманию того, как формируется нефть в недрах Земли. От того, какого подхода придерживалось общество на конкретном этапе, зависело, считалась ли нефть возобновляемым источником энергии и, как следствие, не представляла существенной ценности, либо, напротив, является невозобновляемой ценностью. В данной связи представляется целесообразным вкратце рассмотреть оба подхода.

Согласно биогенной концепции, нефть формируется из органического вещества (остатков растений и животных) в результате длительных процессов преобразования под воздействием температуры, давления и геохимических факторов. Нефть рассматривается как продукт эволюции биомассы в осадочных породах. Абиогенная концепция предполагает, что углеводороды синтезируются из неорганических веществ в глубоких слоях Земли. В условиях высоких температур и давлений происходят химические реакции, приводящие к образованию углеводородов, которые затем мигрируют в верхние горизонты земной коры и накапливаются в месторождениях.

Биогенная теория связывает происхождение нефти с преобразованием органического вещества, тогда как абиогенная объясняет её образование глубинными неорганическими геохимическими процессами. Обе теории рассматривают различные механизмы генерации и миграции углеводородов.

Биогенная теория рассматривает нефть как практически невозобновляемый ресурс, поскольку её образование происходит чрезвычайно медленно в геологическом масштабе времени. Следовательно, запасы ограничены, а экономическая ценность нефти возрастает по мере их истощения. Абиогенная теория допускает возможность постоянного или периодического пополнения запасов за счёт глубинного синтеза углеводородов. В этом случае ресурс может рассматриваться как частично возобновляемый, а потенциальные мировые запасы – значительно более крупными. Если нефть невозобновляема, то её дефицит повышает ее стратегическую и рыночную стоимость. Если же образование новых запасов происходит в значительных объёмах, дефицит уменьшается, что теоретически может снижать долгосрочную ценность ресурса. Однако стоимость нефти определяется не только объёмом запасов, но и затратами на разведку, добычу, транспортировку и спросом на энергоносители.

С научной точки зрения, современная нефтяная геология преимущественно опирается на биогенную модель происхождения нефти, поэтому при оценке мировых запасов нефть обычно рассматривается как невозобновляемый природный ресурс [3].

На современном этапе нефтедобывающей отрасли в понятия «нефть» и «нефтепродукты» стали включать не только нефть из традиционных источников (сырую нефть), но и природные газоконденсаты (бутановые, пропановые, этановые фракции), нефть из нетрадиционных источников – нефтяных песков, нефть из газов и угля, керогеновую и сверхтяжелую нефть [6, с. 44]. Нефтепродукты представляют собой фракции нефти, различающиеся по молекулярной массе, температуре кипения, вязкости и химическому составу. Их свойства определяются содержанием алканов, циклоалканов, аренов и гетероатомных соединений (серы, азота, кислорода). Другими словами, нефтепродукты – это все полезные продукты, получаемые из нефти после её переработки и используемые как топливо, смазочные материалы или химическое сырьё. Появление новых видов нефти и нефтепродуктов выступает одним из фактором, детерминирующих увеличение общего объема запасов нефти, а также определяющим будущие долгосрочные сценарии развития глобальной энергетической отрасли.

Еще одним фактором, который влияет на современные тенденции развития мирового рынка нефтепродуктов, выступает научно-технический прогресс и новейшие достижения науки и техники. Данная совокупность факторов может оказывать на нефтяной рынок как понижающее, так и повышающее воздействие на объемы потребления и добычи нефтепродуктов. Среди факторов, способствующих снижению потребления нефти, следует отметить: развитие возобновляемой энергетики, электрификация транспорта, повышение энергоэффективности. Среди факторов, которые способствуют увеличению потребления нефтепродуктов, отметим следующие: совершенствование технологий разведки и добычи, снижение себестоимости добычи, рост нефтехимической промышленности

Таким образом, научно-технический прогресс оказывает двойственное влияние на нефтяной рынок. С одной стороны, развитие альтернативной энергетики, электромобилей и энергоэффективных технологий способствует снижению потребления нефти. С другой стороны, новые технологии разведки и добычи повышают доступность нефтяных ресурсов и могут способствовать увеличению объёмов добычи. В долгосрочной перспективе влияние научно-технического прогресса чаще связывают с постепенным снижением роли нефти как энергетического ресурса при сохранении её важного значения в нефтехимической промышленности.

Если проследить эволюцию развития глобального рынка нефтепродуктов, можно отметить, что данный рынок всегда находился под влиянием политических и геополитических факторов.

Так, к примеру, исторически современный ландшафт рассматриваемого нами рынка был сформирован еще в 1900-х гг., когда британские и американские компании открыли месторождения в Ираке и Саудовской Аравии и стали экспортировать нефтепродукты за рубеж. Кризис 1973 г., приведший к поднятию цен со стороны ОПЕК, показал, как нефть может стать оружием, заставляя мир искать альтернативы. В 1930-е гг. произошло открытие гигантских месторождений в Саудовской Аравии, что заложило основу для Aramco, крупнейшей нефтяной компании мира с капитализацией более 2 триллионов долларов. После приватизации 1990-х гг. Россия становится активным игроком нефтяного рынка, экспортируя в Европу через трубопроводы, как «Дружба», что обеспечивает до 40% ее доходов [7].

В 1950-х –1960-х гг. на европейском нефтяном рынке доминировали американские компании, главной целью которых было торможение роста экспорта нефтепродуктов из Советского союза. Италия, Греция, Финляндия, Бельгия, Швеция и Ирландия, в свою очередь, воспринимали более дешевую советскую нефть в качестве (1) рычага давления на американские компании, (2) в качестве способа снижения объемов импорта нефти из Ближнего Востока [4, с. 218]. Политический фактор был актуализирован также в период 1973-1974 гг. в связи с угрозами стран ОПЕК ввести эмбарго на экспорт нефти в страны, поддерживающие Израиль. В 2010-е гг. произошла т.н. «сланцевая революция» в США, где горизонтальное бурение увеличило добычу на 80%, превратив страну в нетто-экспортера с 2019 г. [7]. Кроме того, мировой рынок нефти несколько изменился вследствие локальных кризисов в газовых отношениях России, Беларуси и Украины [4, с. 218].

Геополитический фактор тесным образом связан с политическим и экономическим: так, торговая война между Китаем и США, начавшаяся в 2018 г., негативно сказалась на темпах роста мировой экономики; пандемия COVID-19 еще более усугубила ситуацию. Все это привело к снижению цен на нефть и нефтепродукты. Однако далеко не любой кризис приводит к падению нефтяного рынка: так, в частности, кризис 2022 г., вызванный действиями России и введение против нее санкций – все это привело к скачку цен на нефть [8, с. 230].

Одним из важнейших факторов, формирующих современный мировой рынок нефтепродуктов и детерминирующий его дальнейшее развитие, выступает фактор колоссальной неравномерности ресурсной базы. 1% месторождений мира содержит 75% мировых запасов нефти.

Тем не менее, важное значение имеет также локализация данных месторождений. В частности, достаточно интенсивно эксплуатируются менее продуктивные зоны и месторождения. Фактор локализации может быть связан с тем, что стоимость конечных нефтепродуктов едва ли может превышать затраты на добычу сырой нефти (т.н. «трудные» запасы). Так, к примеру, затраты на добычу нефти в континентальной зоне США примерно в 50 раз превышают затраты на добычу на Ближнем Востоке [5, с. 24]. Как отмечает Б. Б. Пирназаров с соавт., перечень особенностей и факторов, влияющих на мировой нефтяной бизнес продолжать достаточно долго, но уже приведенных выше характеристик достаточно для осознания трудностей в интерпретации и прогнозировании тенденций развития данного сегмента промышленности и рынка [5, с. 24].

По данным отчета Международного энергетического агентства (International Energy Agency) за 2025 г., усиление геополитических рисков, неурегулированные торговые разногласия и изменения в политике ряда стан внесли множество неопределенностей в перспективы текущего нефтяного рынка. С начала года ведущие экономические аналитики скорректировали прогнозы в сторону снижения мирового ВВП примерно на 0,5 до 2,8%, что окажет негативное влияние на спрос на нефтепродукты. В условиях риска обострения конфликтов на Ближнем Востоке и продолжающихся торговых противоречий неопределенность в отношении прогнозов остается весьма значительной. Нефтяные рынки переживают фундаментальную трансформацию, поскольку меняются факторы, определяющие глобальные модели спроса и предложения на нефть. В течение последнего десятилетия динамика нефтяного рынка определялась параллельным ростом предложения нефти в США и спроса на нефть в Китае [IEA].

2025-2026 гг. глобальный рынок нефтепродуктов продолжает оставаться ареной геополитических игр, где страны-экспортеры нефти диктуют темп глобальной экономики. Саудовская Аравия удерживает лидерство с экспортом около 7 млн баррелей в сутки, за ней следуют Россия и Ирак, несмотря на то, что внешние санкции влияют на их показатели. На показатели рейтинга экспортеров нефти влияют не только объемы добычи и экспорта, но и степень влияния на цены: так, в частности, ОПЕК+ контролирует значительную долю, пытаясь стабилизировать рынок.

Все вышеизложенное служит иллюстрацией того, что нефтепродукты являются не просто товаром – они выступают катализаторами макроэкономических и геополитических изменений, влияют на биржевые рынки, курсы валют, формирование и деструкцию международных альянсов [7].

На конец 2025 г. в мире насчитывалось 1,77 триллиона баррелей доказанных запасов нефти. Объем общемировых доказанных запасов эквивалентен 47,2 годовым объемам потребления при уровнях потребления 2024 года и без учета недоказанных запасов. Согласно статистическим данным, мировое потребление нефти в 2024 году достигло 37,43 млрд баррелей, что соответствует среднесуточному уровню потребления 102,56 млн баррелей. В расчёте на одного жителя планеты потребление составило около 5 баррелей нефти в год, что отражает высокую степень зависимости мировой экономики от углеводородных энергетических ресурсов. По данным портала Worldometer: real time world statistics, данные показатели можно представить следующим образом (Рисунок 1):

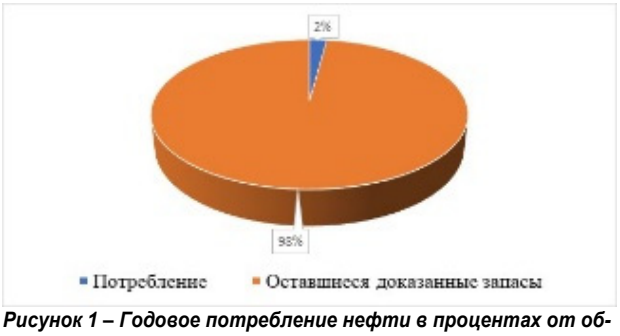


Рисунок 1 – Годовое потребление нефти в процентах от общих доказанных запасов
*Примечание: источник: **[1]***

Перечень стран-лидеров по доказанным запасам нефти можно представить следующим образом (Таблица 1)

Таблица 1.
Топ-20 стран по объемам доказанным запасов нефти

#	Страна	Запасы нефти (баррели) в 2025 году	Доля в мире
1	Венесуэла	303 008 000 000	17,17%
2	Саудовская Аравия	267 230 000 000	15,14%
3	Иран	208 600 000 000	11,82%
4	Канада	163 108 000 000	9,24%
5	Ирак	145 019 000 000	8,22%
6	Объединенные Арабские Эмираты	113 000 000 000	6,40%
7	Кувейт	101 500 000 000	5,75%
8	Соединенные Штаты	83 729 430 000	4,74%
9	Россия	80 000 000 000	4,53%
10	Ливия	48 363 000 000	2,74%
11	Нигерия	37 500 000 000	2,12%
12	Казахстан	30 000 000 000	1,70%
13	Китай	28 182 000 000	1,60%
14	Катар	25 244 000 000	1,43%
15	Бразилия	15 894 160 000	0,90%
16	Алжир	12 200 000 000	0,69%
17	Гайана	11 000 000 000	0,62%
18	Эквадор	8 273 000 000	0,47%
19	Азербайджан	7 000 000 000	0,40%
20	Норвегия	6 912 490 000	0,39%

Примечание: источник: [1]

Помимо территориального распределения доказанных запасов нефтепродуктов, важную роль играет количество буровых нефтяных и газовых установок. Так, в частности, в 2024 году число действующих нефтяных и газовых буровых установок в мире увеличилось – прежде

всего благодаря Канаде, где их количество увеличилось на 37 – до 198. Общее число подобных комплексов достигло 1784.

В начале 2024 г. количество буровых установок на Ближнем Востоке выросло на 12 – до 348. В 2024 г. в Африке зафиксирован прирост на 2 единицы – до 111.

Основные морские потоки нефти проходят через четыре прохода, что, в свою очередь, означает, что мировая энергетическая система сильно зависит от безопасности и пропускной способности данных маршрутов: Ормузский пролив – через него экспортируется значительная часть нефти стран Персидского залива; Малаккский пролив – ключевой путь поставок нефти в Восточную Азию; Суэцкий канал – соединяет Средиземное и Красное моря, сокращая путь между Европой и Азией; Баб-эль-Мандебский пролив – связывает Красное море с Аденским заливом и Индийским океаном.

Любая угроза блокировки одного из проливов (война, пиратство, террористические атаки, крупные аварии судов) может вызвать резкий рост мировых цен на нефть из-за опасений сокращения поставок. При закрытии маршрута танкерам приходится идти в обход. Например, если проход через Суэцкий канал или Баб-эль-Мандеб затруднён, суда обходят Африку через Мыс Доброй Надежды, что увеличивает время доставки, расход топлива; страховые и фрахтовые ставки.

Более того, страны-импортёры нефти (особенно Китай, Япония, Южная Корея и государства Европы) становятся зависимыми от стабильности этих транспортных коридоров. Контроль над такими узкими местами даёт странам серьёзное стратегическое влияние.

Согласно прогнозам International Energy Agency, мировой спрос на нефть продолжит расти до конца десятилетия, достигнув около 105,5 млн барр./сутки к 2030 г., однако темпы роста существенно замедлятся. Пик спроса на нефтяное топливо может быть достигнут уже в 2027 г. Ключевыми факторами трансформации нефтяного рынка являются:

- ускоренная электрификация транспорта: продажи электромобилей превысили 17 млн единиц в 2024 г. и могут превысить 20 млн в 2025 г.;
- замещение нефти природным газом и возобновляемыми источниками энергии в электроэнергетике;
- замедление роста мировой экономики и усиление торговых ограничений.

К концу десятилетия электромобили способны сократить мировой спрос на нефть примерно на 5,4 млн барр./сутки. При этом нефтехимическая промышленность станет главным драйвером роста потребления нефти после 2026 г., обеспечивая сырьём производство полимеров и синтетических материалов [2].

Региональная динамика остаётся неоднородной: развивающиеся экономики увеличат потребление нефти примерно на 4,2 млн барр./сутки, тогда как в странах ОЭСР ожидается снижение спроса на 1,7 млн барр./сутки. В ответ на энергетический переход крупнейшие экспортёры нефти диверсифицируют экономику, инвестируя в водородную энергетику, возобновляемые источники энергии и высокотехнологичные отрасли. Примером является Masdar в ОАЭ и проект NEOM в Саудовской Аравии. [9].

В завершение следует подчеркнуть, что замедление темпов роста мировой экономики может стать одним из ключевых факторов снижения цен на нефть. Несмотря на прогнозируемый умеренный рост глобальной экономики, сохраняются существенные риски. В результате динамика нефтяного рынка в ближайшие годы будет определяться не только структурными изменениями в энергетике, но и общим состоянием мировой экономики [8, с. 234]. Таким образом, речь идёт не о завершении нефтяной эпохи, а о структурной трансформации мирового энергетического рынка, в которой нефть постепенно утрачивает доминирующее положение в транспорте и энергетике, сохраняя важную роль как сырьё для нефтехимической промышленности.

Литература

1. Ворлдометр – 2025. [Электронный ресурс] https://www.worldometers.info/ru/%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8C/. – Дата доступа: 10.06.2026.
2. Громов, А. Мировой рынок нефти: новые императивы развития в условиях геополитической нестабильности / А. Громов // XII Международная научная конференция «Мировая экономика и энергетика: основные тенденции развития и новые вызовы». – Москва, ИМЭМО РАН 19 декабря 2024 года.
3. *Добыча нефти в мире // Tadviser. – 2025. [Электронный ресурс] https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D1%87%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%B5#.D0.94.D0.B8.D0.BD.D0.B0.D0.BC.D0.B8.D0.BA.D0.B0_.D1.86.D0.B5.D0.BD_.D0.BD.D0.B0_.D0.BD.D0.B5.D1.84.D1.82.D1.8C. – Дата доступа: 10.06.2026.*
4. Копытин, И. А. Трансформация рынка нефти в Европе: тенденции и перспективы / И. А. Копытин // Проблемы прогнозирования. – 2024. – №6. – С. 217-226.
5. Пирназарова, Б. Б. Обзор мировой нефтяной промышленности в начале XXI века / Б. Б. Пирназарова, А. Ч. Оразбердиев, Я. Ч Оразбердиева // Символ науки. – 2024. – №4-2-3. – С. 24-26.
6. Резкин, П. Е. Особенности функционирования мирового рынка нефтепродуктов / П. Е. Резкин // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. – 2019. – №6. С. 44-52.
7. Страны-экспортеры нефти 2025 – 2025. [Электронный ресурс] https://ternopillive.com.ua/ru/krayiny-eksportery-nafty-rejtyng-2025-statystyka-ta-globalnyj-vplyv/. – Дата доступа: 10.06.2026.
8. Цайжуй, У. Ретроспективный анализ и перспективы развития мирового рынка нефтепродуктов / У. Цайжуй // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2025. – №1-1 (119). – С.230-235.
9. Executive summary. Turbulent times in oil markets // IEA [Электронный ресурс] https://www.iea.org/reports/oil-2025/executive-summary. – Дата доступа: 10.06.2026.
10. Oil 2025 // IEA (2025) [Электронный ресурс] https://www.iea.org/reports/oil-2025, Licence: CC BY 4.0 – Дата доступа: 10.06.2026.

Global oil product market trends: analysis of the current situation and growth factors

Ulengova T.G.
Pacific National University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article describes current trends in the global oil product market. It examines the main scientific concepts of oil origin, the impact of scientific and technological progress on hydrocarbon production and consumption, and the political, geopolitical, and economic factors determining oil market dynamics. The article analyzes the structure of global oil reserves, the territorial concentration of resources, key transportation routes, and the role of leading exporting countries. Particular attention is paid to the current transformations of the global oil market, the growing use of renewable energy sources, and the electrification of transport. Based on current statistical data and forecasts, the article examines the prospects for global oil demand up to 2030 and factors that could influence the further development of the oil industry.

Keywords: oil, oil products, oil market, export, import.

References

1. Worldometer – 2025. [Electronic resource] https://www.worldometers.info/ru/%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8C/. – Accessed: 10.06.2026.
2. Gromov, A. The global oil market: new development imperatives in the context of geopolitical instability / A. Gromov // XII International Scientific Conference "Global Economy and Energy: Main Development Trends and New Challenges". – Moscow, IMEMO RAS, December 19, 2024.
3. World oil production // Tadviser. – 2025. [Electronic resource] https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D1%87%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%B5#.D0.94.D0.B8.D0.BD.D0.B0.D0.BC.D0.B8.D0.BA.D0.B0_.D1.86.D0.B5.D0.BD_.D0.BD.D0.B0_.D0.BD.D0.B5.D1.84.D1.82.D1.8C. – Access date: 10.06.2026.
4. Kopytin, I. A. Transformation of the oil market in Europe: trends and prospects / I. A. Kopytin // Problems of forecasting. – 2024. – No. 6. – P. 217-226. 5. Pirnazarova, B. B. Review of the global oil industry at the beginning of the 21st century / B. B. Pirnazarova, A. Ch. Orazberdiev, Ya. Ch. Orazberdieva // Symbol of Science. - 2024. - No. 4-2-3. - P. 24-26.
6. Rezkin, P. E. Features of the functioning of the world oil products market / P. E. Rezkin // Bulletin of Polotsk State University. Series D. Economic and legal sciences. - 2019. - No. 6. P. 44-52.
7. Oil exporting countries 2025 - 2025. [Electronic resource] https://ternopillive.com.ua/ru/krayiny-eksportery-nafty-rejtyng-2025-statystyka-ta-globalnyj-vplyv/. – Access date: 10.06.2026.
8. Tsai-rui, W. Retrospective analysis and development prospects of the global oil products market / W. Tsai-rui // Economy and business: theory and practice. – 2025. – No. 1-1 (119). – P. 230-235.
9. Executive summary. Turbulent times in oil markets // IEA [Electronic resource] https://www.iea.org/reports/oil-2025/executive-summary. – Access date: 10.06.2026.
10. Oil 2025 // IEA (2025) [Electronic resource] https://www.iea.org/reports/oil-2025, Licence: CC BY 4.0 – Access date: 10.06.2026.

Создание единых ценовых бенчмарков в рамках БРИКС: вызовы и возможности для России в условиях фрагментации мирового рынка

Фомин Данила Евгеньевич
аспирант, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, danilaff007@mail.ru

Мировой товарно-сырьевой рынок углеводородов проходит через структурную перестройку, при которой единое ценообразование, опирающееся на котировки Brent и WTI, постепенно уступает место региональным контурам формирования цен. Сложилось противоречие: страны БРИКС обеспечивают значительную часть физических поставок и потребления нефти, однако ценовые ориентиры по-прежнему задаются ограниченным числом площадок и ценовых агентств. Цель работы – оценить потенциал инициативы по созданию единых ценовых индикаторов БРИКС применительно к интересам Российской Федерации и определить условия, при которых национальный сорт ESPO способен закрепиться в роли регионального бенчмарка. Применены коэффициентный и структурный анализ статистики IEA, EIA, Банка России и Минфина России за 2021–2026 гг., сценарное моделирование порога ликвидности и оценка дисконта Urals методом сопоставления с эталонной маркой. Расчёты показывают, что устойчивый дисконт Urals к Brent удерживается в коридоре 11–19 долл./барр., а минимальный объём физической торговли, достаточный для запуска ликвидного фьючерса, оценивается в 520–680 тыс. барр./сутки. Выявлено, что главным сдерживающим фактором выступает не методология, а недостаток ликвидности и доверия участников к новому индикатору. Полученные оценки применимы при разработке мер по продвижению поставочного контракта на ESPO и развитию спотовых хабов на Дальнем Востоке.

Ключевые слова: БРИКС, ценовой бенчмарк, фрагментация рынка, дисконт Urals, спотовый хаб, ESPO, ликвидность, дедолларизация, ценообразование на нефть.

Введение

Система международной торговли сырьём складывалась десятилетиями вокруг нескольких опорных котировок. Brent, WTI, корзина Dubai/Oman задают ориентир для контрактов, по которым ежедневно оборачиваются объёмы, многократно превышающие физическую добычу. Удобно. Однако привязка к ограниченному кругу площадок и ценовых агентств создаёт асимметрию: производитель, поставляющий нефть в Азию, вынужден отсчитывать цену от индикатора, рассчитанного по сделкам в Северном море. Выбор базы сравнения предопределяет итоговую оценку сильнее, чем сами наблюдаемые данные; на товарном рынке этот эффект проявляется в полной мере.

К середине 2020-х годов центр физического спроса сместился в Азиатско-Тихоокеанский регион. По оценке Международного энергетического агентства (февраль 2026 г.), прирост мирового потребления нефти в 2026 г. составит порядка 850 тыс. барр./сутки, до среднего уровня около 104,87 млн б/с, и почти весь этот прирост приходится на государства вне ОЭСР при сохранении лидерства Китая. Параллельно EIA и Всемирный банк прогнозируют снижение Brent до пятилетних минимумов – 58–62 долл./барр. в 2026 г. – вследствие опережающего роста добычи вне ОПЕК+. Возникает разрыв между географией реальных потоков и географией ценообразования.

В этих обстоятельствах страны БРИКС, после расширения 2024 г. – БРИКС+, выдвинули инициативу собственных ценовых индикаторов: от зерновой биржи до стандартов торговли драгоценными и цветными металлами и индикаторов на энергоносители. Замысел понятен. Сложнее обстоит с механикой: за политически привлекательной формулой независимого ценообразования скрывается набор технических условий, без которых индикатор не работает, – ликвидность, репрезентативность сделок, признание методологии контрагентами. Катюха и Терещенко [2] прямо ставят вопрос о том, способна ли единая биржевая инфраструктура объединения преодолеть инерцию сложившихся торговых привычек.

Цель настоящей работы – оценить, при каких условиях проект бенчмарков БРИКС отвечает интересам России, и проверить гипотезу о том, что ключевым препятствием выступает не методологический аппарат, а ликвидность и доверие участников. Внимание сосредоточено на нефтяном сегменте как наиболее показательном. Российский экспортный сорт ESPO рассматривается в качестве кандидата на роль регионального индикатора; сорт Urals – как иллюстрация издержек ценополучателя. Загашвили [3] описывает наблюдаемое расхождение торговых и ценовых контуров как один из факторов фрагментации мировой торговли.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена методом вторичного анализа статистических данных и сценарного моделирования. Эмпирическую основу составили месячные и квартальные ряды IEA (Oil Market Report), EIA (Short-Term Energy Outlook), Всемирного банка (Commodity Markets Outlook), а также данные Банка России о структуре внешнеторговых расчётов и публикуемые Минфином России сведения о средней цене Urals за 2021–2026 гг. Прогнозные значения спроса и цен на 2026 г. взяты из консенсус-оценок IEA и EIA по состоянию на февраль–март 2026 г.; каждое прогнозное утверждение в тексте сопровождается указанием источника и периода.

Применены коэффициентный и структурный анализ – расчёт удельных весов, абсолютных и относительных отклонений, – сопоставление экспортной смеси с эталонной маркой через величину дисконта, индексный метод для динамики долей валют в расчётах. Порог ликвидности фьючерса оценён сценарным моделированием: для трёх вариантов загрузки физического рынка рассчитан минимальный среднесуточный объём, при котором котировка перестаёт быть управляемой единичными сделками. Дисконт Urals агрегирован по месячным наблюдениям; ряд немонотонен и включает локальные инверсии, которые фиксируются отдельно.

Результаты и обсуждение

Начну с фактуры спроса. Смещение потребления в АТР перестало быть тенденцией и стало структурным фактом: по данным IEA на февраль 2026 г., страны вне ОЭСР формируют практически весь прирост, тогда как зрелые экономики стагнируют или сокращают потребление.

Это означает, что физический рынок и ценовой ориентир расходятся географически. Brent рассчитывается по узкому набору североморских сделок; покупатель в Циндао платит по нему же, корректируя на дифференциал. Устойчивость такого дифференциала определяется не качеством нефти, а структурой контрактов и логистикой – вывод, применимый и к российским сортам.

Параллельно складывается избыток предложения. Темпы роста добычи, в том числе вне ОПЕК+, опережают рост спроса, и аналитики Всемирного банка прогнозируют давление на Brent вниз – к коридору 58–62 долл./барр. в 2026 г. Цена снижается. Для производителя с устойчивым дисконтом это двойное сжатие маржи: падает и база, и премия. Здесь уместно сопоставить ключевые индикаторы по совокупности характеристик, определяющих пригодность сорта на роль бенчмарка (табл. 1).

Таблица 1

Сопоставление ключевых нефтяных индикаторов по факторам пригодности на роль бенчмарка (оценка 2025 г.)

Индикатор	Базовый сорт / регион	Биржевая глубина	Признание в контрактах	Потенциал для расчётов БРИКС
Brent	Североморская корзина	очень высокая	глобальное	низкий (внешний ориентир)
WTI	внутренний рынок США	очень высокая	преимущественно региональное	низкий
Dubai/Oman	Персидский залив	средняя	высокое в Азии	средний
INE (Шанхай)	импортная корзина КНР	растущая	преимущественно внутреннее	средний
ESPO	Восточная Сибирь – Тихий океан	недостаточная	ограниченное	высокий при росте оборотов

Источник: составлено автором по данным IEA, EIA и биржевой статистики за 2025 год.

Сравнение обнаруживает закономерность, которая редко проговаривается в дискуссиях о бенчмарках. Зрелость индикатора определяется не запасами и не качеством, а сочетанием объёма биржевой торговли и признания котировки в контрактах третьих сторон. Brent и WTI обладают и тем, и другим; Dubai опирается на физический объём Персидского залива при умеренной фьючерсной глубине; китайский INE стремительно нарастил обороты, но остаётся преимущественно внутренним инструментом. ESPO по физическим характеристикам конкурентен – содержание серы до 0,6%, привязка к тихоокеанской логистике, прямой выход на азиатских покупателей, – однако биржевая глубина пока недостаточна.

Перехожу к дисконту Urals – главному количественному симптому позиции ценополучателя. До 2022 г. дифференциал к Brent держался в среднем в пределах 1–3 долл./барр. Затем произошла перенастройка логистики и расчётов; дисконт расширился. По агрегированным месячным данным Минфина России и сопоставлению с эталонной котировкой, в 2023–2025 гг. он колебался в коридоре 11–19 долл./барр., со средним порядка 14,8 долл./барр. Ряд немонотонен: в отдельные месяцы 2024 г. дифференциал сужался до 9,7 долл./барр. на фоне роста азиатского спроса, в другие – расширялся до 18,6 долл./барр. при удорожании танкерного фрахта. Контринтуитивно, но локальные сужения не закрепились; дисконт возвращался к среднему, что косвенно свидетельствует о его структурной, а не конъюнктурной природе.

Перевод части дисконта в денежное измерение делает проблему осязаемой. При среднесуточном морском экспорте порядка 3,5 млн барр. и дифференциале 14,8 долл./барр. недополученная выручка оценивается приблизительно в 51,8 млн долл. в сутки, или порядка 18,9 млрд долл. в годовом выражении – без учёта расходов на удлинённое транспортное плечо. Цифра приблизительная. Но порядок величины показывает, что задача снижения дисконта не академическая, а бюджетная.

Теперь ядро гипотезы – ликвидность. Чтобы фьючерс на национальный сорт перестал быть котировкой, которую двигают единичные сделки, требуется минимальный устойчивый объём физической торговли, приходящийся именно на данный сорт-индикатор. Сценарное моделирование по трём вариантам загрузки – консервативному, базовому, оптимистичному – даёт оценку порога в диапазоне 520–680 тыс. барр./сутки; базовый сценарий – около 610 тыс. барр./сутки. Расчёт построен на соотношении среднего размера лота, частоты сделок и допустимого ценового проскальзывания; коэффициент устойчивости котировки в базовом сценарии составил 1,47. Сопоставление с фактическими оборотами поставочных контрактов на российских площадках показывает, что разрыв с порогом пока не преодолён.

Второе препятствие – доверие, и оно труднее поддаётся форсированию. Методологии ведущих ценовых агентств складывались десятилетиями, их котировки встроены в тело долгосрочных контрактов и кредитных соглашений. Новый индикатор должен пройти тот же путь признания, и сжать его административно невозможно: сетевые эффекты расчётной инфраструктуры декларацией не преодолеваются. Катюха и Мищенко [5] на материале методик ценовых агентств показывают, что экспортная альтернатива как метод определения внутренней цены работает лишь при наличии признанного внешнего ориентира. Иными словами, проблема доверия первична по отношению к методологии.

Третий узел – валюта номинирования. Юань, рупия, рубль и реал обладают разной конвертируемостью и разной глубиной рынка хеджирования. Единый индикатор, номинированный в одной из них, неизбежно переносит на контрагентов валютный риск держателя этой валюты. Синдарова [6] показывает, что доллар сохраняет адаптивные свойства даже на фоне расширения расчётов в национальных валютах, и потому замещение идёт постепенно. По данным Банка России, доля рубля и юаня во внешнеторговых расчётах России к 2024–2025 гг. выросла до 30–40%, что создаёт прецедент, но вопроса не снимает. Мультивалютная корзина снижает индивидуальный риск; вместе с тем она усложняет ценовую прозрачность, поскольку требует ежедневной переоценки весов.

Институциональный контур инициативы складывается неравномерно. Зерновая биржа БРИКС, которую активно продвигает Россия, по экспертным оценкам потребует нескольких лет на запуск; стандарты торговли металлами обсуждаются как альтернатива Лондонской бирже металлов; энергетический индикатор пока остаётся на уровне концепции. Китай движется быстрее остальных, наращивая участие в портовой инфраструктуре и увязывая логистические узлы с биржевыми инструментами через INE. Логистический контроль предшествует ценовому – спотовые хабы формируются под будущие бенчмарки. Россия располагает симметричным активом: порты Козьмино, Приморск, Новороссийск и потенциальные газовые хабы Усть-Луги и Дальнего Востока. Катюха и Лошкарев [4] обосновывают приоритет газовых хабов как опорных узлов такой архитектуры.

Сводя количественные результаты воедино, можно обозначить асимметрию проекта. Методологически создание индикатора на ESPO выполнимо: сорт однороден, логистика тихоокеанская, покупатель рядом. Экономически барьер высок – порог ликвидности около 610 тыс. барр./сутки в базовом сценарии при текущем недоборе оборотов. Институционально доверие набирается годами. Устойчивость нового расчётного контура определяется не политическим решением, а накопленной массой повторяющихся транзакций; работы по торговле углеводородами в рамках БРИКС [1] приходят к близкому выводу. По всей видимости, именно темп набора этой массы и станет для России решающим параметром.

Заключение

Прослеживается формирование региональных контуров ценообразования на сырьё; проект бенчмарков БРИКС – частный случай этого процесса. Методология тут не главное препятствие. Узким местом выступает ликвидность: базовый сценарий требует порядка 0,6 млн барр./сутки устойчивого физического оборота, и этот порог пока не взят.

Для России цена промедления измерима. Удерживающийся дисконт Urals – в среднем около 15 долл./барр. за 2023–2025 гг. – транслируется в недополученную экспортную выручку порядка 19 млрд долл. в годовом измерении. Снизить его административно нельзя; снизить через признанный региональный индикатор – можно, если набрать биржевую глубину. Сорт ESPO для этой роли подходит по качеству и географии. Не подходит по текущим оборотам.

Исходя из проведённых расчётов, приоритет видится в форсировании поставочного контракта на ESPO с квотированием части экспортных объёмов под ликвидность и в развитии спотовых хабов Дальнего Востока как опорных узлов. В диалоге с партнёрами по объединению рациональна мультивалютная корзина номинирования, а не доминирование одной валюты. Доля рубля и юаня в расчётах достигла 30–40%.

Литература

1. Пилипенко И. В. Проблемы перехода к расчетам в национальных валютах в рамках БРИКС и проект новой расчетной единицы uniclear-БРИКС-9 // ЭКО. 2024. Т. 54, № 3. С. 52–79.

2. Кузнецов А. В. Дедолларизация международных расчетов: тенденции и перспективы // ЭКО. 2024. Т. 54, № 3. С. 8–32.

3. Гусев К. Н., Цибулина А. Н. Механизмы валютного сотрудничества в БРИКС: первые результаты и новые вызовы // Современная Европа. 2024. № 4 (125). С. 87–99.

4. Гусев К. Н. БРИКС: от идеи единой валюты к системе расчетов и обратно // Современная Европа. 2025. № 3 (131). С. 56–66.

5. Худякова Л. С., Урумов Т. Р. Финансовое сотрудничество стран БРИКС // Мировая экономика и международные отношения. 2025. Т. 69, № 9. С. 28–38.

6. Шаститко А. Е., Павлова Н. С., Мелешкина А. И. Национальная система ценовых индикаторов: от теории к практике // Вопросы экономики. 2024. № 12. С. 86–109.

7. Лю К. Результаты, проблемы и меры по энергетическому сотрудничеству между Китаем и Россией в контексте российской политики «на Восток» // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4, № 5. С. 109–117.

8. Сафонова Т. Ю. Создание ценовых индикаторов (бенчмарков) на энергоресурсы на внутреннем и внешнем контурах топливно-энергетического комплекса России // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 11. С. 6455–6476.

9. Сафонова Т. Ю. Антагонизмы ценообразования на российскую нефть и весомость национальных ценовых индикаторов // Государственная служба. 2023. № 2 (142). С. 52–60.

10. Катюха П. Б., Флегонтов Н. А. О создании нефтяного бенчмарка в российской Арктике // Вопросы экономики. 2024. № 5. С. 91–104.

11. Катюха П. Б. Формирование национальной системы оценки российской нефти и создание российских бенчмарков на нефть — ключевые задачи России в условиях неопределенности на мировом рынке нефти и санкций против России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 8 (212). С. 15–23.

12. Телегина Е. А., Катюха П. Б. Россия на мировом рынке нефти: стратегия эффективного трейдинга // Мировая экономика и международные отношения. 2025. Т. 69, № 8. С. 16–24.

13. Миллерман А. С., Цветаев Ю. В. Эволюция ключевых нефтяных индикаторов в условиях трансформации мирового рынка нефти // Энергетическая политика. 2024. № 11 (202). С. 16–25.

14. Цветаев Ю. В. Реформа нефтяного бенчмарка Dated Brent // Мир новой экономики. 2025. Т. 19, № 3. С. 27–36.

15. Катюха П. Б. Эволюция мировых бенчмарков на нефть: новые тенденции в ценообразовании на международном рынке нефти // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2021. № 7 (199). С. 58–63.

Establishing common price benchmarks within BRICS: challenges and opportunities for Russia amid the fragmentation of the global market

Fomin D.E.
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The global commodity market for hydrocarbons is undergoing a structural reconfiguration in which unified pricing anchored to Brent and WTI quotations gradually gives way to regional pricing circuits. A contradiction has emerged: BRICS countries account for a substantial share of physical oil supply and consumption, yet price references are still set by a limited number of trading venues and price reporting agencies. The aim of this work is to assess the potential of the BRICS common price indicator initiative with regard to the interests of the Russian Federation and to determine the conditions under which the national ESPO grade could establish itself as a regional benchmark. Coefficient and structural analysis of IEA, EIA, Bank of Russia and Russian Ministry of Finance statistics for 2021–2026 was applied, together with scenario modelling of the liquidity threshold and an estimation of the Urals discount by comparison with the reference grade. The calculations show that the persistent Urals-to-Brent discount stays within a band of 11–19 USD per barrel, while the minimum physical trading volume sufficient to launch a liquid futures contract is estimated at 520–680 thousand barrels per day. It is found that the principal constraint is not methodology but a shortage of liquidity and of market participants' trust in the new indicator. The obtained estimates are applicable in designing measures to promote a deliverable ESPO contract and to develop spot hubs in the Far East.

Keywords: BRICS, price benchmark, market fragmentation, Urals discount, spot hub, ESPO, liquidity, de-dollarization, oil pricing.

References

1. Pilipenko I. V. Problems of transition to settlements in national currencies within the framework of BRICS and the draft of a new uniclear unit of account-BRICS-9 // ECO. 2024. Vol. 54, No. 3. pp. 52-79.
2. Kuznetsov A.V. Dedollarization of international settlements: trends and prospects // ECO. 2024. Vol. 54, No. 3. pp. 8-32.
3. Gusev K. N., Cibulina A. N. Mechanisms of monetary cooperation in BRICS: first results and new challenges // Modern Europe. 2024. No. 4 (125). Pp. 87–99.
4. Gusev K. N. BRICS: From the Idea of a Single Currency to a Settlement System and Back // Modern Europe. 2025. No. 3 (131). Pp. 56–66.
5. Khudyakova L. S., Urumov T. R. Financial Cooperation among the BRICS Countries // World Economy and International Relations. 2025. Vol. 69, No. 9. Pp. 28–38.
6. Shastitko A. E., Pavlova N. S., Meleshkina A. I. The National System of Price Indicators: From Theory to Practice // Voprosy Ekonomiki. 2024. No. 12. Pp. 86–109.
7. Liu K. Results, Problems, and Measures for Energy Cooperation between China and Russia in the Context of Russia's "Eastward" Policy // Voprosy Prirodopolzovaniya. 2025. Vol. 4, No. 5. Pp. 109–117.
8. Safonova T. Yu. Creation of Price Indicators (Benchmarks) for Energy Resources on the Internal and External Contours of Russia's Fuel and Energy Complex // Economics, Entrepreneurship, and Law. 2024. Vol. 14, No. 11. Pp. 6455–6476.
9. Safonova T. Yu. Antagonisms of Pricing for Russian Oil and the Significance of National Price Indicators // State Service. 2023. No. 2 (142). Pp. 52–60.
10. Katyukha P. B., Flegontov N. A. On the Creation of an Oil Benchmark in the Russian Arctic // Voprosy Ekonomiki. 2024. No. 5. pp. 91-104.
11. Katyukha P. B. The formation of a national system for evaluating Russian oil and the creation of Russian benchmarks for oil are key tasks for Russia in the context of uncertainty in the global oil market and sanctions against Russia // Problems of economics and management of the oil and gas complex. 2022. No. 8 (212). pp. 15-23.
12. Telegina E. A., Katyukha P. B. Russia in the global oil market: an effective trading strategy // World economy and international relations. 2025. Vol. 69, No. 8. Pp. 16–24.
13. Millerman A. S., Tsvetaev Yu. V. Evolution of Key Oil Indicators in the Context of the Transformation of the Global Oil Market // Energeticheskaya Politika. 2024. No. 11 (202). Pp. 16–25.
14. Tsvetaev Yu. V. Reform of the Dated Brent Oil Benchmark // Mir Novoi Ekonomiki. 2025. Vol. 19, No. 3. Pp. 27–36.
15. Katyukha P. B. Evolution of Global Oil Benchmarks: New Trends in Pricing in the International Oil Market // Problems of Economics and Management of the Oil and Gas Complex. 2021. No. 7 (199). Pp. 58–63.

Теоретические механизмы влияния изменений демографической структуры на экономический рост в странах Восточной Азии

Цзян Лин
аспирант, МГУ, jiangling0411@gmail.com

В статье рассматриваются теоретические механизмы влияния изменений демографической структуры на экономический рост в странах Восточной Азии. Обосновано, что демографические изменения не следует сводить к простому сокращению численности трудоспособного населения или росту доли пожилых людей. Их значение состоит в трансформации базовых условий восточноазиатской модели роста, ранее опиравшейся на демографический дивиденд, высокую норму сбережений, расширение занятости и экспортно ориентированную индустриализацию. Показано, что изменение возрастной структуры воздействует на экономическую динамику через трудовой, сберегательно-инвестиционный, человеческо-капитальный, технологический и институциональный механизмы. Особое внимание уделено переходу от демографического дивиденда к дивиденду производительности, при котором ключевыми источниками долгосрочного роста становятся производительность труда, качество человеческого капитала, технологическое обновление и институциональная адаптация. Сделан вывод о двойственном характере демографического старения: оно ограничивает традиционную модель роста, но одновременно создает стимулы для ее структурной перестройки.

Ключевые слова: демографическая структура, экономический рост, Восточная Азия, демографический дивиденд, производительность труда.

Введение

Вопрос о влиянии демографических изменений на экономический рост имеет особое значение для стран Восточной Азии, поскольку на протяжении нескольких десятилетий их развитие во многом опиралось на благоприятную возрастную структуру населения, высокую норму сбережений, расширение трудовых ресурсов и экспортно ориентированную индустриализацию. Восточноазиатская модель роста обычно связывается с ускоренным накоплением капитала, активной промышленной политикой, инвестициями в человеческий капитал и интеграцией в международные производственные цепочки. Однако такое объяснение остается неполным без учета демографического фактора: высокая доля населения трудоспособного возраста и низкая демографическая нагрузка создавали условия для роста занятости, сбережений и инвестиций в производительные сферы.

На современном этапе страны региона сталкиваются с иной демографической ситуацией. Снижение рождаемости, рост продолжительности жизни, увеличение доли пожилого населения и сокращение трудоспособных групп означают ослабление прежнего демографического дивиденда. Эти процессы влияют не только на рынок труда, но и на сбережения, инвестиционные возможности, государственные финансы, человеческий капитал и технологический выбор фирм. Поэтому демографические изменения следует рассматривать не как внешний социальный фон, а как структурный фактор трансформации механизма экономического роста.

Актуальность темы определяется тем, что в научной литературе старение населения часто трактуется главным образом как фактор замедления экономической динамики. Между тем для Восточной Азии этот процесс имеет более сложный характер. С одной стороны, сокращение трудоспособного населения и рост демографической нагрузки ограничивают традиционную модель роста, основанную на расширении занятости и накоплении капитала. С другой стороны, демографическое давление может стимулировать повышение производительности труда, развитие человеческого капитала, технологическое замещение труда капиталом и институциональную адаптацию. Следовательно, анализ должен учитывать не только риски старения, но и механизмы перестройки источников роста.

Цель статьи состоит в теоретическом обосновании механизмов влияния изменений демографической структуры на экономический рост стран Восточной Азии. Для этого рассматриваются демографические основы восточноазиатской модели, раскрываются трудовой, сберегательно-инвестиционный, человеческо-капитальный, технологический и институциональный каналы воздействия, а также обосновывается переход от демографического дивиденда к дивиденду производительности как ключевое направление трансформации роста.

Объектом исследования выступают демографические изменения в Японии, Республике Корея, КНДР, Китае и Монголия. Предметом являются теоретические механизмы влияния возрастной структуры населения на долгосрочную экономическую динамику. Методологическую основу составляют теория демографического дивиденда, теория экономического роста, концепция человеческого капитала и институциональный подход. Количественные данные используются не для эконометрического моделирования, а для иллюстрации структурных сдвигов.

Научная новизна статьи заключается в уточнении связи между демографической трансформацией и изменением восточноазиатской модели роста. В статье показано, что старение населения является не только ограничением, но и фактором перехода от модели, основанной на расширении труда и накоплении капитала, к модели, где решающую роль играют производительность, качество человеческого капитала, технологическое обновление и институциональная адаптация.

Демографические основы восточноазиатской модели экономического роста

Восточноазиатская модель экономического роста обычно связывается с экспортной ориентацией, ускоренной индустриализацией, высокой нормой сбережений и инвестиций, активной ролью государства, а также развитием образования и человеческого капитала. В докладе Всемирного банка о «восточноазиатском чуде» отмечается, что высокоэффективные экономики региона добились устойчивого роста благодаря макроэкономической стабильности, инвестициям в человеческий капи-

тал, развитию экспорта и институционально поддерживаемому накоплению капитала [1]. Однако такое объяснение остается неполным без учета демографических условий. Благоприятная возрастная структура населения стала одним из ключевых факторов, позволивших странам Восточной Азии расширять предложение труда, поддерживать высокие сбережения и направлять ресурсы в производственные сектора.

Главной демографической основой этой модели была высокая доля населения трудоспособного возраста при сравнительно низкой демографической нагрузке. Быстрое снижение рождаемости и рост продолжительности жизни создали период, когда доля детей уже уменьшалась, а доля пожилых людей еще оставалась ограниченной. Это сформировало предпосылки демографического дивиденда. Д. Блум и Дж. Уильямсон показывают, что изменение возрастной структуры существенно ускорило экономический рост в Азии, поскольку рост доли трудоспособного населения увеличивал потенциальный выпуск и улучшал соотношение между производящими и зависимыми группами [2]. Особенно важно, что это «окно возможностей» совпало с индустриализацией, урбанизацией и включением региона в международные производственные цепочки.

Демографический дивиденд в Восточной Азии нельзя сводить только к увеличению численности рабочей силы. Его влияние проявлялось через три взаимосвязанных механизма: трудовой, сберегательно-инвестиционный и фискально-ресурсный. Трудовой механизм обеспечивал устойчивый приток работников в промышленность и городской сектор услуг, что было особенно важно для экспортно ориентированной индустриализации. На ранних этапах конкурентоспособность восточноазиатских экономик во многом опиралась на сочетание относительно низких трудовых издержек, дисциплинированной рабочей силы и растущей производственной специализации.

Сберегательно-инвестиционный механизм заключался в том, что высокая доля занятых возрастных групп повышала совокупные сбережения. Домохозяйства в фазе активной занятости обычно имеют большую способность к накоплению, чем дети или пожилые люди. Снижение доли иждивенцев расширяло возможности сбережения, а высокая норма сбережений формировала внутреннюю базу инвестиций. М. Хиггинс и Дж. Уильямсон показывают, что значительная часть роста сбережений в Азии была связана со снижением демографической нагрузки, особенно молодежной зависимости, что уменьшало потребность во внешнем капитале и усиливало внутренние источники накопления [3]. В Восточной Азии этот механизм сочетался с активной инвестиционной политикой и быстрым развитием обрабатывающей промышленности.

Фискально-ресурсный механизм проявлялся в снижении давления на семейные бюджеты и государственные финансы. При небольшой доле пожилого населения государство не сталкивалось с чрезмерными пенсионными, медицинскими и социальными обязательствами. Это позволяло направлять общественные ресурсы в инфраструктуру, образование, профессиональную подготовку, технологическое развитие и поддержку экспортных отраслей. Следовательно, благоприятная возрастная структура повышала не только объем трудовых ресурсов, но и эффективность распределения капитала и государственных расходов.

Поэтому демографический дивиденд следует понимать как комплексное условие роста, а не как простое преимущество численности рабочей силы. В российской литературе также подчеркивается, что переход от демографического дивиденда к стареющему населению требует переосмысления прежних источников роста, поскольку сокращение благоприятного возрастного окна меняет не только трудовое предложение, но и всю систему долгосрочного социально-экономического развития [4]. Для Восточной Азии это особенно важно: демографическая структура влияла на формирование капитала, сберегательное поведение домохозяйств, распределение государственных ресурсов и долгосрочный потенциал роста.

С этой точки зрения восточноазиатская модель была тесно связана с определенным демографическим режимом. Ее устойчивость зависела от расширения трудовых ресурсов, высокой нормы сбережений и относительно ограниченных социальных обязательств государства. Поэтому сокращение доли населения трудоспособного возраста, рост доли пожилых людей и повышение демографической нагрузки означают не просто изменение возрастного состава, а трансформацию базовых условий прежнего механизма роста.

Ослабление демографического дивиденда меняет факторную основу модели. Во-первых, сокращение трудоспособного населения ограничивает рост, основанный на расширении занятости и трудоемких производствах. Во-вторых, старение населения изменяет структуру сбережений и расходов, усиливая потребности в пенсиях, здравоохранении и долгосрочном уходе. В-третьих, рост демографической нагрузки снижает возможности государства финансировать инфраструктуру, образование и промышленную модернизацию. В российских исследованиях старения населения на примере Китая отмечается, что завершение стадии демографического дивиденда усиливает социально-экономические риски и требует системной политики устойчивого развития в новых условиях [5]. В результате связь между многочисленной рабочей силой, высокими сбережениями, накоплением капитала и экспортной индустриализацией становится менее устойчивой.

Таким образом, демографические изменения являются не внешним социальным фоном, а структурным фактором трансформации восточноазиатской модели роста. Благоприятная возрастная структура в прошлом поддерживала трудовое предложение, накопление капитала и направление ресурсов в производительные сферы. Ее изменение трансформирует базовые условия традиционной модели. Поэтому дальнейший анализ должен быть сосредоточен на трудовых, инвестиционных и фискальных ограничениях, которые демографические изменения создают для восточноазиатского механизма роста.

Демографические изменения и перестройка механизма экономического роста

Демографические изменения воздействуют на экономический рост не линейно и не непосредственно, а через систему взаимосвязанных механизмов. В странах Восточной Азии сокращение доли населения трудоспособного возраста, рост продолжительности жизни, снижение рождаемости и увеличение доли пожилых людей изменяют не только объем доступных трудовых ресурсов, но и условия накопления капитала, структуру сбережений, стимулы к инвестированию в человеческий капитал, технологический выбор фирм и параметры институциональной адаптации. Поэтому анализ демографического влияния на экономическую динамику должен быть сосредоточен не на простой зависимости между старением населения и снижением темпов роста, а на перестройке самого механизма роста.

Для конкретизации данного перехода целесообразно обратиться к наиболее общим демографическим тенденциям, характерным для стран Восточной Азии. В рамках настоящей статьи количественные данные используются не для построения эконометрической модели, а для иллюстрации структурных сдвигов, лежащих в основе рассматриваемых теоретических механизмов.

Таблица 1
Доля населения в возрасте 65 лет и старше в отдельных странах Восточной Азии в 2000- 2024 гг., %

Страна	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2024 г.
КНР	6,81	7,63	8,16	9,65	12,65	14,35
Япония	17,21	19,95	22,44	25,97	28,39	29,51
Республика Корея	7,20	9,15	10,83	12,77	15,79	19,16
КНДР	6,56	7,65	8,36	8,97	11,26	12,14
Монголия	3,92	3,82	3,74	3,84	4,28	4,85

Источник: составлено автором по данным World Bank, World Development Indicators, показатель Population ages 65 and above (% of total population).

Данные таблицы 1 наглядно иллюстрируют, что демографическая динамика стран Восточной Азии характеризуется глубокой неоднородностью, несмотря на общий вектор старения населения большинства государств региона.

Абсолютным лидером по уровню демографической нагрузки остается Япония, где доля населения в возрасте 65 лет и старше к 2024 году достигла беспрецедентных 29,51%, что закрепляет за ней статус «суперостарившейся» нации. При этом наиболее агрессивную динамику и рекордную скорость старения демонстрирует Республика Корея: за неполные четверть века (2000–2024 гг.) показатель вырос почти в 2,7 раза — с 7,20% до 19,16%, фактически вплотную приблизившись к критическому 20-процентному порогу. Китай в исследуемый период также преодолел важный методологический рубеж в 14% (14,35% в 2024 г.), официально перейдя из категории "стареющих" в категорию "старых" обществ. Несколько более умеренные, но устойчивые темпы роста доли пожилого населения фиксируются в КНДР (рост до 12,14%). На этом фоне резким контрастом выступает Монголия, демографический профиль которой остается уникально молодым для региона: несмотря на незначительное увеличение показателя в последние годы, доля лиц старше 65 лет здесь составляет всего 4,85%, что позволяет стране сохранять так называемый "демографический дивиденд".

Подобный асинхронный сдвиг в возрастной структуре имеет принципиальное значение для трансформации национальных механизмов

экономического роста. Он дифференцированно влияет на предложение труда, модифицирует структуру и норму сбережений, увеличивает государственные социальные обязательства, трансформирует стимулы к накоплению человеческого капитала и предопределяет технологический выбор фирм в пользу автоматизации

Данные Всемирного банка и ООН показывают, что для Японии, Республики Корея и Китая характерны снижение рождаемости, рост доли пожилого населения и постепенное изменение соотношения между трудоспособными и зависимыми возрастными группами [6,7].

Таблица 2
Основные направления демографических изменений в странах Восточной Азии

Страна	Основная демографическая тенденция	Теоретическое значение для механизма роста
Япония	Высокая доля пожилого населения, длительное сокращение трудоспособного населения.	Усиление трудовых ограничений, рост социальных расходов, необходимость технологического замещения.
Республика Корея	Крайне низкая рождаемость и ускоренное старение населения.	Быстрое ослабление демографического дивиденда, повышение значения человеческого капитала и производительности.
Китай	Сокращение доли трудоспособного населения при росте старших возрастных групп.	Переход от трудоемкого роста к модели, основанной на производительности, технологиях и внутреннем спросе.
КНДР	Умеренное («скрытое») старение на фоне экономической изоляции, стагнация рождаемости при ограниченных ресурсах здравоохранения.	Рост демографической нагрузки на государственный бюджет, снижение эффективности экстенсивного использования рабочей силы в индустриальном секторе.
Монголия	Относительно молодое население, сохранение демографического дивиденда при постепенном замедлении темпов рождаемости.	Возможность экстенсивного роста за счет притока молодой рабочей силы, необходимость создания рабочих мест и диверсификации ресурсозависимой экономики.

Источник: составлено автором

Таблица 3
Основные механизмы влияния демографических изменений на экономический рост в странах Восточной Азии

Механизм воздействия	Демографическая предпосылка	Экономическое проявление	Значение для восточноазиатской модели роста
Трудовой механизм	Сокращение доли населения трудоспособного возраста	Уменьшение предложения труда, рост трудовых издержек, ослабление преимуществ трудоемких отраслей	Ограничивает экстенсивную модель роста, основанную на расширении занятости, и повышает значение производительности труда
Сберегательно-инвестиционный механизм	Рост доли пожилого населения и изменение возрастной структуры домохозяйств	Изменение структуры сбережений и расходов, рост потребностей в пенсионном обеспечении, здравоохранении и долгосрочном уходе	Ослабляет прежнюю связь между высокой нормой сбережений, накоплением капитала и быстрым промышленным ростом
Человеческо-капитальный механизм	Снижение рождаемости и сокращение будущей рабочей силы	Повышение значения образования, профессиональной подготовки и качества рабочей силы	Создает предпосылки перехода от количественного демографического дивиденда к качественному, основанному на человеческом капитале
Технологический механизм	Дефицит труда и рост относительной стоимости рабочей силы	Стимулы к автоматизации, роботизации, цифровизации и технологическому замещению труда капиталом	Способствует переходу от трудоемких производств к капитало- и технологически интенсивным формам роста
Институциональный механизм	Рост демографической нагрузки и социальных обязательств государства	Давление на пенсионные системы, здравоохранение, рынок труда и государственные финансы	Определяет, станет ли старение населения ограничением роста или стимулом модернизации и повышения производительности

Источник: составлено автором

Представленные тенденции показывают, что страны Восточной Азии сталкиваются не с единичным демографическим изменением, а с одновременной трансформацией нескольких параметров возрастной структуры. Речь идет о сокращении репродуктивной базы, старении населения, изменении соотношения между трудоспособными и зависимыми группами, а также о снижении возможностей дальнейшего роста за счет простого расширения занятости. Следовательно, влияние демографической структуры на экономический рост должно рассматриваться как комплексный процесс, затрагивающий рынок труда, накопление капитала, человеческий капитал, технологический выбор и институциональное распределение ресурсов.

Для систематизации рассмотренных механизмов влияние демографических изменений на экономический рост стран Восточной Азии можно представить в виде следующей аналитической схемы.

Представленная схема показывает, что демографические изменения воздействуют на экономический рост не через один изолированный канал, а через совокупность взаимосвязанных трудовых, инвестиционных, человеческо-капитальных, технологических и институциональных процессов. Именно их взаимодействие определяет возможность перехода от демографического дивиденда к дивиденду производительности.

От демографического дивиденда к дивиденду производительности: трансформация механизма роста

Проведенный анализ позволяет уточнить характер влияния демографических изменений на экономический рост стран Восточной Азии. Сокращение доли населения трудоспособного возраста, снижение рождаемости и рост доли пожилых людей означают не только изменение демографических пропорций, но и трансформацию всей системы факторов роста. На предыдущем этапе развитие региона во многом опиралось на расширение рабочей силы, высокую норму сбережений, быстрое накопление капитала и экспортно ориентированную индустриализацию. Однако в условиях старения населения и ослабления прежнего демографического окна возможностей эта модель утрачивает часть своих базовых преимуществ. Поэтому ключевым направлением становится переход от демографического дивиденда к дивиденду производительности.

Демографический дивиденд был связан с тем, что благоприятная возрастная структура создавала возможности для расширения занятости, роста сбережений и направления значительных ресурсов в инвестиции, образование и промышленное развитие. Такая форма роста обладала высоким, но исторически ограниченным потенциалом. Она была особенно эффективна тогда, когда увеличение доли трудоспособного населения совпадало с индустриализацией, урбанизацией и включением стран региона в международное разделение труда. Однако по мере завершения этой стадии экономический рост уже не может в прежней степени опираться на количественное расширение труда. В китайской научной литературе данная проблема рассматривается через связь между исчезновением демографического дивиденда, приближением к «поворотному пункту Льюиса» и необходимостью изменения прежней модели использования избыточной рабочей силы [9].

Под дивидендом производительности в данной статье понимается прирост экономического потенциала, возникающий не за счет увеличения численности трудовых ресурсов, а благодаря повышению отдачи от труда, капитала, технологий и институтов. Если демографический дивиденд формируется на основе благоприятного соотношения между трудоспособным и зависимым населением, то дивиденд производительности связан с эффективностью использования уже имеющихся ресурсов. В этом случае решающее значение приобретает не количество работников, а выпуск на одного занятого; не только объем инвестиций, а их технологическое и структурное качество; не простое расширение производственных мощностей, а способность экономики обновлять технологии, повышать квалификацию рабочей силы и перераспределять ресурсы в более продуктивные сектора.

Специфика Восточной Азии состоит в том, что демографическое старение здесь сочетается с развитой промышленной базой, значительными образовательными ресурсами, высокой способностью к технологическому усвоению и одновременно крайне низкой рождаемостью. Такое сочетание делает переход к дивиденду производительности не просто желательным, а структурно необходимым. Прежнее преимущество в виде многочисленной и относительно дешевой рабочей силы постепенно уступает место необходимости поддерживать конкурентоспособность за счет производительности, инноваций и качества институтов. Следовательно, речь идет не о механической замене одного источника роста другим, а о перестройке всей логики восточноазиатской модели развития.

В условиях сокращения трудоспособного населения рост выпуска все больше зависит от способности экономики повышать эффективность труда. Низкая рождаемость и старение делают человеческий капитал не дополнительным фактором, а центральным условием сохранения долгосрочной динамики. Для стран Восточной Азии это означает, что инвестиции в образование, цифровые навыки, непрерывное обучение и профессиональную мобильность должны рассматриваться не только как социальные расходы, но и как механизм компенсации сокращающегося трудового потенциала. Такая компенсация возможна лишь тогда, когда образовательная система формирует навыки, соответствующие новой технологической и отраслевой структуре экономики.

Одновременно меняется роль капитала. В период демографического дивиденда высокая норма сбережений и инвестиций поддерживала рост через быстрое расширение производственных мощностей. В условиях старения важна уже не только способность накапливать капитал, но и способность направлять его в сферы, повышающие совокупную производительность. Традиционное расширение мощностей дает меньший эффект, если трудовые ресурсы сокращаются, а внутренний спрос и социальные обязательства меняются под влиянием старения. Поэтому дивиденд производительности связан с качественным обновлением структуры капитала: ростом вложений в автоматизацию, цифровую инфраструктуру, исследования и разработки, здравоохранение, образование и высокопроизводительные услуги.

Особое место в этом переходе занимает технологическое обновление. Демографическое старение повышает относительную редкость труда, усиливает давление на издержки и тем самым стимулирует автоматизацию, роботизацию и использование цифровых технологий. В таком контексте старение может выступать не только ограничением роста, но и фактором, ускоряющим технологическое замещение труда капиталом. Китайские исследования, посвященные взаимосвязи старения населения, технологического прогресса и экономического роста, показывают, что технологический прогресс способен ослаблять негативное влияние старения на экономическую динамику, если он становится реальным механизмом повышения производительности [10].

Однако технологическая модернизация сама по себе не гарантирует формирования дивиденда производительности. Если новые технологии внедряются только в ограниченном числе крупных корпораций или экспортных отраслей, тогда как малые и средние предприятия, сфера услуг и внутренне ориентированные сектора остаются низкопроизводительными, общий эффект будет ограниченным. Поэтому переход к производительной модели требует не только наличия инноваций, но и их широкого распространения внутри всей хозяйственной системы. Ключевым становится вопрос не о наличии отдельных технологических лидеров, а о способности экономики обеспечить общее повышение эффективности труда, капитала и управления.

Институциональная адаптация в данной логике выступает условием преобразования демографического давления в источник роста производительности. Старение населения меняет структуру государственных расходов, усиливает нагрузку на пенсионные и медицинские системы, повышает значение политики занятости и требует более гибкой организации жизненного цикла труда. При отсутствии институциональных изменений оно способно усилить фискальные ограничения и сократить пространство для инвестиций в будущее. Напротив, если рынок труда, образование, здравоохранение, пенсионная система и механизмы поддержки инноваций адаптируются к новой возрастной структуре, демографическое давление может частично превратиться в стимул повышения производительности.

Таким образом, переход от демографического дивиденда к дивиденду производительности не означает утраты значения демографического фактора. Напротив, его влияние становится более сложным и опосредованным. На прежнем этапе благоприятная возрастная структура прямо поддерживала расширение труда, сбережений и капитала. На новом этапе демографические изменения действуют через систему ограничений и стимулов: они уменьшают возможности трудоемкого роста, но усиливают необходимость технологического обновления, повышения качества человеческого капитала и институционального перераспределения ресурсов. Поэтому старение населения не следует рассматривать только как источник замедления; его последствия зависят от способности экономики превратить демографическое давление в механизм роста производительности.

Для стран Восточной Азии эта трансформация является центральным условием сохранения долгосрочной конкурентоспособности. Несмотря на различия между Японией, Республикой Корея, Китаем, их объединяет общий структурный вызов: прежние источники роста, основанные на расширении трудовых ресурсов и демографическом дивиденде, становятся менее устойчивыми. Следовательно, долгосрочная динамика региона будет определяться не способностью восстановить прежнюю демографическую структуру, а способностью сформировать новый тип роста, основанный на производительности, человеческом капитале, технологическом обновлении и институциональной адаптации.

В этом заключается ключевое теоретическое значение демографических изменений для Восточной Азии. Они не только ограничивают традиционную модель роста, но и задают направление ее перестройки. Демографический дивиденд основывался на благоприятном соотношении между трудоспособным и зависимым населением; дивиденд производительности опирается на способность экономики повышать отдачу от труда, капитала и институтов в условиях менее благоприятной возрастной структуры. Поэтому демографическую трансформацию следует рассматривать не как внешний шок, а как фактор перехода восточноазиатской модели от количественного расширения ресурсов к качественному повышению эффективности их использования.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что изменение демографической структуры является ключевым фактором трансформации восточноазиатской модели экономического роста. На предыдущем этапе страны региона использовали преимущества благоприятной возрастной структуры: высокая доля трудоспособного населения, низкая демографическая нагрузка, высокая склонность к сбережению и расширение предложения труда способствовали индустриализации, капиталонакоплению и экспортно ориентированному развитию. Однако снижение рождаемости, рост доли пожилых людей и сокращение трудоспособных групп постепенно ослабляют прежний демографический фундамент модели. Это ограничивает трудовое предложение, меняет структуру сбережений и расходов, усиливает социальные обязательства государства и снижает возможности экстенсивного роста.

Главный вывод состоит в том, что влияние демографических изменений реализуется через взаимосвязанные трудовые, инвестиционные, человеческо-капитальные, технологические и институциональные механизмы. Для Восточной Азии центральным становится переход от демографического дивиденда к дивиденду производительности от роста за счет расширения труда и капитала к росту, основанному на повышении их отдачи. Поэтому старение населения следует рассматривать не только как ограничение, но и как стимул технологической модернизации, развития человеческого капитала и институциональной адаптации.

Литература

1. Всемирный банк. Восточноазиатское чудо: экономический рост и государственная политика. — Нью-Йорк : Oxford University Press, 1993.
2. Блум Д. Э., Уильямсон Дж. Г. Демографические переходы и экономические чудеса в развивающейся Азии // The World Bank Economic Review. — 1998. — Vol. 12, № 3. — P. 419–455. — DOI: 10.1093/wber/12.3.419.
3. Хиггинс М., Уильямсон Дж. Г. Динамика возрастной структуры в Азии и зависимость от иностранного капитала // Population and Development Review. — 1997. — Vol. 23, № 2. — P. 261–293. — DOI: 10.2307/2137546.
4. Волкова М. Д., Круглова М. С. От демографического дивиденда к устойчивому развитию КНР в условиях стареющего населения: взгляд китайских экспертов // Russian Journal of Economics and Law. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 559–576.
5. Доброхлеб В. Г., Барсуков В. Н. Старение населения в России и Китае: особенности и социально-экономические риски // Уровень жизни населения регионов России. — 2020. — Т. 16, № 4. — С. 36–48.
6. Всемирный банк. Показатели мирового развития: население в возрасте 15–64 лет, % от общей численности населения; население в возрасте 65 лет и старше, % от общей численности населения; суммарный коэффициент рождаемости [Электронный ресурс]. — URL: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators (дата обращения: 18.05.2026).
7. Организация Объединенных Наций, Департамент по экономическим и социальным вопросам, Отдел народонаселения. Перспективы мирового народонаселения — 2024. — Нью-Йорк : ООН, 2024. — URL: https://population.un.org/wpp/ (дата обращения: 18.05.2026).
8. Аджемоглу Д., Рестрепо П. Секулярная стагнация? Влияние старения населения на экономический рост в эпоху автоматизации // American Economic Review: Papers & Proceedings. — 2017. — Vol. 107, № 5. — P. 174–179.
9. Цай Фан. Демографический переход, демографический дивиденд и поворотный пункт Льюиса // Экономические исследования. — 2010. — № 4. — С. 4–13.
10. Хэ Цзюнь, Чжан Юэ, Тан Шуи. Старение населения, технологический прогресс и экономический рост: исследование на основе PSTR-модели // Журнал Китайского университета науки и технологии. — 2020. — Т. 50, № 2. — С. 208–219.

Theoretical Mechanisms of the Impact of Changes in Demographic Structure on Economic Growth in East Asian Countries

Jiang Ling
Moscow state university

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the theoretical mechanisms through which changes in demographic structure influence economic growth in East Asian countries. It argues that demographic change should not be reduced merely to a decline in the working-age population or an increase in the share of elderly people. Its broader significance lies in the transformation of the basic conditions of the East Asian growth model, which previously relied on the demographic dividend, high savings rates, expanding employment, and export-oriented industrialization. The article shows that changes in age structure affect economic dynamics through labor, savings-investment, human capital, technological, and institutional mechanisms. Particular attention is paid to the transition from the demographic dividend to the productivity dividend, in which labor productivity, the quality of human capital, technological upgrading, and institutional adaptation become the key sources of long-term growth. The article concludes that population aging has a dual character: it constrains the traditional growth model while simultaneously creating incentives for its structural transformation.

Keywords: demographic structure, economic growth, East Asia, demographic dividend, labor productivity.

References

1. World Bank. The East Asian Miracle: Economic Growth and Public Policy. New York : Oxford University Press, 1993.
2. Bloom D. E., Williamson J. G. Demographic Transitions and Economic Miracles in Emerging Asia // The World Bank Economic Review. 1998. Vol. 12, no. 3. P. 419–455. DOI: 10.1093/wber/12.3.419.
3. Higgins M., Williamson J. G. Asian Demography and Foreign Capital Dependence // Population and Development Review. 1997. Vol. 23, no. 2. P. 261–293. DOI: 10.2307/2137546.
4. Volkova M. D., Kruglova M. S. From Demographic Dividend to Sustainable Development of the PRC under Population Ageing: The View of Chinese Experts // Russian Journal of Economics and Law. 2024. Vol. 18, no. 3. P. 559–576.
5. Dobrokhleb V. G., Barsukov V. N. Population Ageing in Russia and China: Features and Socio-Economic Risks // Living Standards of the Population in the Regions of Russia. 2020. Vol. 16, no. 4. P. 36–48.
6. World Bank. World Development Indicators: Population Ages 15–64, % of Total Population; Population Ages 65 and Above, % of Total Population; Fertility Rate, Total [Electronic resource]. URL: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators (accessed: 18.05.2026).
7. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2024. New York : United Nations, 2024. URL: https://population.un.org/wpp/ (accessed: 18.05.2026).
8. Acemoglu D., Restrepo P. Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation // American Economic Review: Papers & Proceedings. 2017. Vol. 107, no. 5. P. 174–179.
9. Cai Fang. Demographic Transition, Demographic Dividend, and the Lewis Turning Point // Economic Research Journal. 2010. No. 4. P. 4–13.
10. He Jun, Zhang Yue, Tang Shui. Population Ageing, Technological Progress and Economic Growth: A Study Based on the PSTR Model // Journal of University of Science and Technology of China. 2020. Vol. 50, no. 2. P. 208–219.

Товарная и географическая структура импорта зерна в КНР: тенденции, риски, оптимизация

Чжан Ибо
аспирант, Институт стран Азии и Африки, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, yibozhang0021@gmail.com

В статье проводится комплексный анализ современного состояния импортной торговли зерном в Китайской Народной Республике. Актуальность исследования обусловлена трансформацией Китая из нетто-экспортера в крупнейшего мирового импортера зерновых культур на фоне обострения глобальных геополитических рисков. Целью работы является выявление ключевых тенденций в товарной и географической структуре закупок, а также определение путей оптимизации системы продовольственного обеспечения страны. Методологическую основу составил анализ статистических данных за период 2000–2024 годов, включая показатели производства, потребления и внешней торговли. В ходе исследования установлено, что, несмотря на достижение рекордных показателей внутреннего производства, Китай сохраняет высокую зависимость от импорта фуражного зерна и масличных культур, прежде всего сои и кукурузы. Выявлена высокая концентрация поставщиков, где доминирующие позиции занимают Бразилия и США, что создает потенциальные угрозы для национальной безопасности. Обоснована необходимость перехода к стратегии диверсификации торговых партнеров и внедрения концепции «широкого взгляда на сельское хозяйство» для снижения структурных дисбалансов.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, импорт зерна, структура торговли, Китай, соя, кукуруза, диверсификация импорта.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности является фундаментальной основой социально-экономической стабильности любого суверенного государства, однако для Китайской Народной Республики данный вопрос носит характер «важнейшей государственной задачи». На протяжении последних десятилетий Китай демонстрирует устойчивую способность обеспечивать продовольствием почти 20% населения планеты, обладая лишь 9% мировых пахотных земель и 6% ресурсов пресной воды [12, с. 119]. В новой исторической эпоху, характеризующейся высокой волатильностью мировых рынков и геополитической напряженностью, руководство КНР уделяет приоритетное внимание вопросам самообеспеченности, выдвигая концепцию, согласно которой «китайская чаша должна быть наполнена китайским зерном» [4]. Тем не менее объективные ресурсные ограничения и трансформация структуры потребления населения привели к тому, что международная торговля стала неотъемлемым элементом системы продовольственного снабжения страны.

Актуальность темы исследования обусловлена парадоксальной ситуацией, сложившейся на аграрном рынке КНР в последние годы. С одной стороны, валовое производство зерна в стране демонстрирует стабильный рост, достигнув в 2023 году исторического рекорда в 695 млн тонн, что ознаменовало двадцатый подряд урожайный год [12, с. 117]. С другой стороны, объемы импорта зерновых культур также обновляют исторические максимумы, составив в том же 2023 году 162 млн тонн [12, с. 118]. Подобная динамика свидетельствует о глубоких структурных изменениях в балансе спроса и предложения, которые требуют детального научного осмысления.

Проблема заключается в том, что традиционная модель, ориентированная на количественный рост производства, сталкивается с предельной нагрузкой на экосистему и снижением эффективности использования ресурсов. Как отмечают исследователи, Китай перешел от стадии дефицита продовольствия к этапу структурного дисбаланса [13, с. 468]. Рост благосостояния населения и урбанизация стимулируют спрос на продукцию животноводства, что, в свою очередь, провоцирует взрывной рост потребностей в фуражном зерне, которое внутренняя производственная база покрыть не в состоянии. Это приводит к усилению зависимости от внешних рынков, особенно по таким товарным позициям, как соя и кукуруза.

Целью данной работы является выявление ключевых тенденций в товарной и географической структуре импорта зерна в КНР, оценка сопутствующих рисков и формулирование предложений по оптимизации внешнеторговой стратегии. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: проанализировать динамику объемов импорта в контексте внутреннего производства, изучить сдвиги в номенклатуре закупаемой продукции, оценить степень концентрации поставщиков и рассмотреть влияние тарифного регулирования на торговые потоки.

Теоретическую базу исследования составили труды китайских и российских ученых, анализирующих продовольственную политику КНР. В частности, вопросы статистического охвата понятия «зерно» в китайской методологии рассматривались Ван Ифэем и Тянь Чжихуном [1, с. 58]. Стратегические аспекты самообеспеченности и перехода к интенсивным моделям развития освещены в работах Тан Хуацзюня [7, с. 4] и Хуан Цзикуня [9, с. 17].

Анализ текущих балансов зерновых культур представлен в исследованиях В.О. Двойченкова [2, с. 19], а вопросы структурной трансформации импорта детально разобраны в недавней работе Юань Жуйлин и Чэнь Цзе [12, с. 117]. Важным источником данных послужили официальные документы, включая Белую книгу по продовольственной безопасности [4] и отчеты ФАО [14].

Материалы и методы

Методологическая основа исследования базируется на системном подходе к анализу международной торговли агропродовольственной продукцией в условиях глобальной неопределенности. Эмпирическую базу работы составили статистические данные Национального бюро статистики КНР, Главного таможенного управления КНР, а также материалы Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO) за период с 2000 по 2025 год. Для обеспечения актуальности ис-

следования в научный оборот введены новейшие данные китайских источников за 2024–2025 годы, представленные в работе Чжан Чжэньхуа и соавторов [15, с. 218].

Ключевой методологической особенностью работы является учет специфики китайской статистической категории «зерно» (*liangshi*). Как указывают Ван Ифэй и Тянь Чжихун, данная категория имеет расширительное толкование по сравнению с международным термином *cereals* и включает в себя не только злаки (пшеницу, рис, кукурузу), но также клубнеплоды и зернобобовые культуры, прежде всего сою [1, с. 59].

Игнорирование этого факта при анализе балансов приводит к существенному искажению показателей продовольственной зависимости, так как именно соя формирует основной объем импортных поставок.

В ходе исследования применялись методы дескриптивной статистики для оценки динамики физических объемов торговли, а также структурный анализ для выявления сдвигов в товарной номенклатуре в постпандемийный период. Оценка уровня самообеспеченности проводилась путем сопоставления объемов внутреннего производства с видимым потреблением. Теоретическая интерпретация результатов осуществлялась через призму концепции «широкого взгляда на продукты питания» (*Big Food View*), предложенной Фань Шэнгэнем, которая предполагает интеграцию ресурсов пахотных земель, лесов и морей для обеспечения национальной безопасности [8, с. 11].

Результаты и обсуждение

Динамика и товарная структура импорта зерна

Анализ современного состояния зернового рынка КНР свидетельствует о сохранении сложной диалектики между ростом внутреннего производства и увеличением зависимости от внешних рынков по отдельным товарным позициям. Согласно новейшим данным, представленным в исследовании Чжан Чжэньхуа, общий объем производства зерна в Китае в 2024 году достиг исторического максимума в 706,5 млн тонн [15, с. 219]. Несмотря на этот успех, структурный дефицит кормовых ресурсов и масличных культур продолжает стимулировать масштабный импорт.

В период 2024–2025 годов наметилась трансформация модели закупок, характеризующаяся разнонаправленной динамикой по ключевым культурам. Если ранее наблюдался синхронный рост импорта по всем позициям, то текущий этап отличается резким увеличением ввоза соевых бобов при одновременном сокращении закупок фуражных злаков. Данные, отражающие структурные изменения импорта в 2024–2025 годах, систематизированы в Таблице 1.

Таблица 1

Динамика и структура импорта основных зерновых культур в КНР (2024–2025 гг.)

Вид культуры	Импорт 2024 г. (факт), млн тонн	Импорт 2025 г. (оценка), млн тонн	Динамика (2025 к 2024), %	Доля в общем импорте (2024), %
Соевые бобы	105,00	111,80	+6,5	71,8
Кукуруза	13,76	2,65	-80,8	9,4
Пшеница	11,18	3,89	-65,2	7,6
Рис	1,63	3,10	+90,2	1,1
Ячмень	14,24	10,42	-26,8	9,7

Источник: составлено автором по данным исследования Чжан Чжэньхуа, Чжан Инхуа, Чжоу Ефу [15, с. 221].

Представленные в Таблице 1 данные демонстрируют закрепление за соей статуса доминирующей импортной культуры. В 2024 году объем ее ввоза достиг 105 млн тонн, а прогноз на 2025 год предполагает дальнейший рост до 111,8 млн тонн. Такая динамика обусловлена неспособностью внутреннего производства (составляющего порядка 20 млн тонн) покрыть потребности растущего животноводческого сектора, что формирует уровень импортозависимости по сое свыше 83% [15, с. 222]. Это подтверждает тезис Юань Жуйлин о том, что импорт сои является не ситуативной мерой, а долгосрочным стратегическим инструментом замещения дефицитных земельных и водных ресурсов [12, с. 121].

Принципиально иная ситуация складывается в сегменте зерновых злаков. Импорт кукурузы, достигавший пиковых значений в предыдущие годы, в 2024 году составил 13,76 млн тонн, а в 2025 году ожидается его резкое снижение до 2,65 млн тонн [15, с. 221]. Подобное сокращение объясняется рекордным внутренним урожаем кукурузы (294,9 млн тонн в 2024 году) и успешной реализацией программ по замене кукурузы в кормовых рационах альтернативными культурами, такими как ячмень и сорго.

Импорт пшеницы также демонстрирует тенденцию к снижению после достижения высоких показателей в 2023–2024 годах. Объем закупок в 2024 году составил 11,18 млн тонн, однако прогноз на 2025 год указывает на сокращение до 3,89 млн тонн. Это свидетельствует о достижении целевых показателей самообеспеченности продовольственным зерном, которая по итогам 2024 года оценивается в 99,3% [15, с. 219]. Текущий импорт пшеницы носит преимущественно качественный характер и направлен на удовлетворение спроса на сорта с высоким содержанием клейковины, производство которых в Китае ограничено климатическими условиями.

Таким образом, товарная структура импорта зерна в КНР в 2024–2025 годах приобретает выраженный дуалистический характер. С одной стороны, наблюдается консолидация усилий по достижению абсолютной самообеспеченности основными продовольственными культурами (рисом и пшеницей) и снижению зависимости по кукурузе. С другой стороны, сохраняется и даже усиливается критическая зависимость от внешних поставок сои, которая выступает безальтернативным источником кормового белка и пищевого масла. Данный структурный дисбаланс является ключевым вызовом для национальной продовольственной безопасности и требует особого внимания при формировании внешнеторговой стратегии.

Географическая структура и динамика концентрации поставщиков (2000–2024 гг.)

Эволюция географической структуры импорта зерна в КНР за последнюю четверть века отражает кардинальную смену геоэкономических приоритетов Пекина. Если в начале 2000-х годов, в период вступления Китая в ВТО, карта поставок формировалась преимущественно странами Северной Америки и Австралией, то к середине 2020-х годов центр тяжести сместился в сторону Южной Америки и стран инициативы «Один пояс, один путь». Ретроспективный анализ, опирающийся на данные Су Шаньшань, показывает, что в период с 1992 по 2015 год США, Канада и Австралия обеспечивали подавляющую часть потребностей Китая в продовольственном зерне [6, с. 45]. Однако по мере роста спроса на фуражные культуры и обострения торговых противоречий с Вашингтоном эта моноцентричная модель начала трансформироваться.

Фундаментальным трендом рассматриваемого периода стала утрата Соединенными Штатами статуса безусловного гегемона на китайском аграрном рынке. Согласно исследованию Юань Жуйлин и Чэнь Цзе, доля США в совокупном импорте зерна сократилась с доминирующих значений начала века до 21,5% в 2023 году [12, с. 121]. Вакуум, образовавшийся в результате диверсификации, был заполнен поставками из Бразилии, которая благодаря масштабным китайским инвестициям в инфраструктуру и логистику превратилась в ключевого стратегического партнера. В 2024 году Бразилия заняла первое место в структуре поставок с долей 51,1% [12, с. 121], что знаменует собой завершение перехода от североамериканской к южноамериканской модели зависимости.

Сравнительный анализ географической концентрации по ключевым культурам в динамике представлен в Таблице 2. Он демонстрирует, как изменились ключевые бенефициары китайского спроса за два десятилетия.

Таблица 2

Трансформация географической структуры импорта основных зерновых культур в КНР (сравнение периодов 2000–2010 гг. и 2024 г.)

Культура	Доминирующие поставщики (2000–2010 гг.)	Крупнейшие поставщики (2024 г.)	Характеристика трансформации
Соевые бобы	США (монопольное положение), Аргентина	1. Бразилия (71,1%) 2. США (21,1%)	Переход от доминирования США к зависимости от Бразилии; формирование дуополии
Кукуруза	США (почти 100% рынка до 2010 г.)	1. Бразилия (47,0%) 2. Украина (33,7%) 3. США (15,0%)	Радикальная диверсификация; выход на рынок Восточной Европы и Южной Америки
Пшеница	Канада, США, Австралия	1. Австралия (30,5%) 2. Канада (23,0%) 3. Франция (21,0%)	Сохранение ориентации на развитые страны Запада; появление европейских поставщиков
Рис	Таиланд (основной поставщик)	1. Мьянма (34,7%) 2. Таиланд (26,6%) 3. Вьетнам (17,3%)	Расширение географии внутри региона Юго-Восточной Азии

Источник: составлено автором по данным [6; 15].

Данные таблицы свидетельствуют о том, что несмотря на смену лидеров, проблема высокой концентрации (индекс CR3) остается нерешенной. В секторе соевых бобов произошла лишь ротация доминанта: зависимость от США сменилась еще более глубокой зависимостью от Брази-

лии (свыше 70%). В то же время рынок кукурузы демонстрирует наиболее успешный пример диверсификации. Если до 2010 года США фактически монопольно контролировали этот сегмент, то к 2024 году Китай сформировал устойчивый «треугольник» поставщиков: Бразилия — Украина — США [15, с. 223]. Появление Украины в качестве второго по величине экспортера кукурузы (33,7%) стало результатом целенаправленной политики Пекина в рамках инициативы «Один пояс, один путь», хотя текущая геополитическая нестабильность в Черноморском регионе создает новые риски для этого канала.

Анализ логистической составляющей за 2000–2024 годы выявляет сохраняющуюся уязвимость транспортных коридоров. Более 90% зерна по-прежнему доставляется морским путем через узкие места мировой логистики (Малаккский пролив, Панамский канал), что создает угрозы в случае военно-политических конфликтов. В этом контексте важным, хотя пока количественно скромным трендом, является развитие сухопутной торговли с соседями. В.О. Двойченков отмечает, что поставки из России и Казахстана пока занимают незначительную долю (менее 1% в общем объеме), однако демонстрируют позитивную динамику после снятия фитосанитарных ограничений и запуска зерновых железнодорожных коридоров [2, с. 25].

Таким образом, долгосрочная динамика географической структуры импорта характеризуется стратегическим разворотом от США к Бразилии и странам «Пояса и пути». Однако этот маневр лишь изменил конфигурацию рисков, не устранив главную угрозу — олигополистический характер рынка, где три-четыре страны контролируют до 95% поставок по критически важным позициям.

Пути оптимизации системы продовольственного обеспечения

Преодоление выявленных структурных диспропорций и снижение зависимости от монопольных поставщиков требует от руководства КНР перехода к новой парадигме обеспечения продовольственной безопасности. Ключевым направлением оптимизации становится внедрение концепции «широкого взгляда на продукты питания», которая предполагает выход за рамки традиционного зернового производства. Как справедливо отмечают Чжу Цзин и соавторы, обеспечение национальной безопасности должно базироваться не только на пахотных землях, но и на комплексном использовании ресурсов лесов, лугов и океанов для получения белков и калорий [11, с. 37]. Это позволит снизить давление на зерновой сектор за счет диверсификации источников питания населения.

Вторым критически важным вектором является структурная перестройка кормовой базы. Текущая модель, основанная на импорте кукурузы и сои для производства комбикормов, характеризуется низкой конверсией энергии. Лю Чанцюань и коллеги в своем исследовании доказывают, что перевод части площадей под выращивание силосной кукурузы (цельного растения) вместо зерновой способен в 3–4 раза повысить выход чистой энергии прироста веса животных [3, с. 45]. Реализация подобного маневра позволит существенно сократить потребность в импорте фуражного зерна, заместив его высокоэффективными внутренними кормами.

Третьим элементом стратегии выступает углубление сотрудничества с партнерами, не подверженными влиянию геополитической конъюнктуры Запада. О.В. Черкасова подчеркивает, что в условиях санкционного давления и логистических рисков морских перевозок, Россия приобретает статус безальтернативного партнера для поставок экологически чистой продукции [10, с. 3]. Развитие сухопутных зерновых коридоров и долгосрочные контракты на поставку продукции с Дальнего Востока и Сибири позволят сформировать «пояс безопасности» на северных границах Китая.

Заключение

Проведенное исследование товарной и географической структуры импорта зерна в КНР за период 2000–2024 годов позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, Китай завершил трансформацию из самодостаточной аграрной державы в крупнейшего мирового импортера зерна. Несмотря на рекордные показатели внутреннего производства (695–706 млн тонн в 2023–2024 годах), страна сохраняет критическую зависимость от внешних рынков по группе кормовых и масличных культур. Импорт сои и кукурузы перестал быть инструментом ситуативного регулирования и превратился в структурный элемент национальной продовольственной системы.

Во-вторых, выявлен фундаментальный геоэкономический сдвиг в географии поставок. Монопольное доминирование США, характерное для начала XXI века, сменилось олигополистической структурой с преобладанием Бразилии (до 51% рынка). Хотя этот разворот снизил риски прямого торгового шантажа со стороны Вашингтона, он не решил проблему высокой концентрации поставщиков, создавая новые уязвимости логистического и климатического характера.

В-третьих, долгосрочная устойчивость продовольственной системы КНР не может быть обеспечена исключительно наращиванием валового сбора зерновых. Необходим комплексный подход, включающий технологическую модернизацию (селекция, ГМО), оптимизацию структуры потребления (снижение доли зерна в рационах скота) и диверсификацию импорта через сухопутные коридоры Евразии. Реализация этих мер позволит Китаю сбалансировать императивы продовольственного суверенитета с реальностью глобальной взаимозависимости.

Литература

1. Ван Ифэй, Тянь Чжихун. Исследование проблемы статистического охвата зерна в Китае // Мировое сельское хозяйство. 2020. № 1. С. 58–63.
2. Двойченков В. О. Балансы зерновых культур (пшеница, рис) в КНР: 2000-2020-е гг. // Восточная аналитика. 2023. № 1 (14). С. 19–35. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/balansy-zernovyh-kultur-pshenitsa-ris-v-knr-2000-2020-e-gg (дата обращения: 07.03.2026).
3. Лю Чанцюань, Хань Лэй, Ли Тинтин. Исследование проблемы безопасности поставок кормового зерна в Китае с точки зрения широкого взгляда на продукты питания // Экономика сельских районов Китая. 2023. № 1. С. 33–57.
4. Пресс-канцелярия Госсовета КНР. Белая книга «Продовольственная безопасность в Китае». Пекин : Издательство «Народная», 2019.
5. Си Иньшэн, Ян Ли, У Тяньлун. Состояние и предложения по международной торговле кукурузой в нашей стране // Кооперативы китайских фермеров. 2024. № 1. С. 12–14.
6. Су Шаньшань. Исследование мотивов, структуры и регулирования импортной торговли зерном в Китае : дис. ... д-ра наук. Янлин : Северо-Западный ун-т сельского и лесного хозяйства, 2016.
7. Тан Хуацзюнь. Стратегия самообеспеченности Китая зерном в новых условиях // Проблемы экономики сельского хозяйства. 2014. № 2. С. 4–10.
8. Фань Шэнгэнь. Концепция широкого взгляда на продукты питания ведет трансформацию агропродовольственной системы и всесторонне укрепляет основы продовольственной безопасности // Село, сельское хозяйство, фермеры (Издание В). 2023. № 2. С. 10–12.
9. Хуан Цзикунь, Се Вэй. Перспективы спроса и предложения на продовольствие в Китае и направления политики // Передовые рубежи науки и технологий инженерного управления. 2022. № 1. С. 17–25.
10. Черкасова О. В. Проблемы обеспечения продовольственной безопасности Китая в современных условиях // Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова : аналитический обзор. URL: https://ecfs.msu.ru/Analitics/Cherkasova_5.pdf (дата обращения: 07.03.2026).
11. Чжу Цзин, Ван Жунбо, Сю Лян. Торговля сельскохозяйственной продукцией и продовольственная безопасность Китая с точки зрения широкого взгляда на продукты питания // Проблемы экономики сельского хозяйства. 2023. № 5. С. 36–48.
12. Юань Жуйлин, Чэнь Цзе. Исследование гарантий импорта в системе обеспечения продовольственной торговли Китая // Сельскохозяйственный обзор. 2025. Т. 21, № 1. С. 117–125.
13. Якимович Е. А. Продовольственная проблема Китая: вопросы преобразования системы и безопасности в условиях кризиса // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2023. № 3. С. 460–475. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-problema-kitaya-voprosy-preobrazovaniya-sistemy-i-bezopasnosti-v-usloviyah-krizisa (дата обращения: 07.03.2026).
14. FAO. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Rome : FAO, 2024.
15. Zhang Zhenhua, Zhang Yinghua, Zhou Yefu. Study on China's major staple grain import strategies from the perspective of food security // Science and Technology of Cereals, Oils and Foods. 2025. Vol. 33, № 6. P. 217–226. DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.06.024.

Commodity and geographical structure of grain imports to the prc: trends, risks, optimization

Zhang Yibo
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article provides a comprehensive analysis of the current state of grain import trade in the People's Republic of China. The relevance of the study is due to the transformation of China from a net exporter to the world's largest importer of grain crops against the

backdrop of escalating global geopolitical risks. The aim of the work is to identify key trends in the commodity and geographical structure of purchases, as well as to determine ways to optimize the country's food supply system. The methodological basis was the analysis of statistical data for the period 2000–2024, including indicators of production, consumption, and foreign trade. The study established that despite achieving record domestic production figures, China maintains a high dependence on imports of feed grain and oilseeds, primarily soybeans and corn. A high concentration of suppliers was revealed, with Brazil and the USA occupying dominant positions, creating potential threats to national security. The necessity of transitioning to a strategy of diversifying trade partners and implementing the concept of a "broad view of agriculture" to reduce structural imbalances is substantiated.

Keywords: food security, grain import, trade structure, China, soybeans, corn, import diversification.

References

1. Wang Yifei, Tian Zhihong. A Study on the Problem of Statistical Coverage of Grain in China // World Agriculture. 2020. No. 1. pp. 58–63.
2. V. O. Dvoichenkov. Grain Crop Balances (Wheat, Rice) in China: 2000–2020 // Eastern Analytics. 2023. No. 1 (14). pp. 19–35. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/balansy-zernovyh-kultur-pshenitsa-ris-v-knr-2000-2020-e-gg (accessed: 07.03.2026).
3. Liu Changquan, Han Lei, Li Tingting. A Study on the Problem of Feed Grain Supply Security in China from the Perspective of a Broader View of Food Products // Rural Economy of China. 2023. No. 1. pp. 33–57.
4. Information Office of the State Council of the PRC. White Paper "Food Security in China". Beijing: People's Publishing House, 2019.
5. Xi Yinsheng, Yan Li, Wu Tianlong. The Status of and Proposals for International Corn Trade in Our Country // Chinese Farmers' Cooperatives. 2024. No. 1. pp. 12–14.
6. Su Shanshan. A Study on the Motives, Structure, and Regulation of Grain Import Trade in China: Doctor of Sciences Dissertation. Yanling: Northwestern University of Agriculture and Forestry, 2016.
7. Tang Huajun. China's Grain Self-Sufficiency Strategy in the New Conditions // Problems of Agricultural Economics. 2014. No. 2. pp. 4–10.
8. Fan Shengen. The Concept of a Broad View of Food Products Leads the Transformation of the Agri-food System and Comprehensively Strengthens the Foundations of Food Security // Village, Agriculture, Farmers (Edition B). 2023. No. 2. pp. 10–12.
9. Huang Jikun, Xie Wei. Prospects for Food Supply and Demand in China and Policy Directions // Advanced Research in Engineering Management Science and Technology. 2022. No. 1. pp. 17–25.
10. Cherkasova O. V. Problems of Ensuring Food Security in China in Modern Conditions // Eurasian Center for Food Security, Moscow State University. Lomonosov Moscow State University: An Analytical Review. URL: https://ecfs.msu.ru/Analitics/Cherkasova_5.pdf (Accessed: 07.03.2026).
11. Zhu Jing, Wang Rongbo, Xiu Liang. Agricultural Trade and Food Security in China from the Perspective of a Broader View of Food Products // Problems of Agricultural Economics. 2023. No. 5. pp. 36–48.
12. Yuan Ruilin, Chen Jie. A Study of Import Guarantees in China's Food Trade Support System // Agricultural Review. 2025. Vol. 21, No. 1. pp. 117–125.
13. Yakimovich E. A. China's Food Problem: Issues of System Transformation and Security in the Context of Crisis // RUDN University Bulletin. Series: Economy. 2023. No. 3. pp. 460–475. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-problema-kitaya-voprosy-preobrazovaniya-sistemy-i-bezopasnosti-v-usloviyah-krizisa (date of access: 03/07/2026).
14. FAO. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Rome: FAO, 2024.
15. Zhang Zhenhua, Zhang Yinghua, Zhou Yefu. Study on China's major staple grain import strategies from the perspective of food security // Science and Technology of Cereals, Oils and Foods. 2025. Vol. 33, No. 6. P. 217–226. DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.06.024.

Глобальная динамика выбросов со□: тенденции, вызовы и перспективы

Чу Янь
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, y.c4u@yandex.ru

В данной статье представлен комплексный анализ глобальной динамики выбросов CO_2 с 1990 по 2021 годы. Основной целью исследования является выявление ключевых факторов, определяющих рост и снижение эмиссий парниковых газов в различных секторах экономики и регионах мира. Исследование основано на данных Climate Watch Historical Emissions 2024, отчетах Международного энергетического агентства, Межправительственной группы экспертов по изменению климата и других авторитетных международных организаций. Результаты анализа показывают, что, несмотря на усилия развитых стран по сокращению выбросов, глобальные объемы CO_2 продолжают расти, главным образом за счет развивающихся экономик, таких как Китай и Индия. Значительный вклад в рост эмиссий вносит транспортный сектор, чей вклад в общие выбросы CO_2 может увеличиться на 60% к 2050 году, если не будут приняты эффективные меры. В развитых странах снижение выбросов связано с внедрением строгих экологических стандартов и переходом на возобновляемые источники энергии. Учитывая экономические реалии, массовый переход на возобновляемые источники энергии требует значительных инвестиций и международного сотрудничества. Автор приходит к выводу о необходимости разработки гибких, адаптивных и экономически целесообразных моделей декарбонизации, которые позволят странам сохранить промышленную рентабельность и одновременно снижать выбросы CO_2.

Ключевые слова: глобальные выбросы CO_2, декарбонизация экономики, устойчивое развитие, энергетическая трансформация.

Введение

Проблема глобального экологического вызова стоит перед цивилизацией с начала промышленной революции, но лишь в середине и конце XX века к ней устремлены взгляды ученых и экспертов всех без исключения областей знаний [1]. За последние десятилетия человечество значительно продвинулось в борьбе с негативным проявлением прогресса на природу, однако кардинальный перелом в борьбе с угнетением экологии еще не наступил. Выбросы CO_2 представляют собой один из ключевых факторов экологического кризиса, и в борьбе с ними участвуют в той или иной степени большинство стран. С начала 1990-х годов различные международные организации ведут доскональную статистику выбросов CO_2, и на сегодняшний день экспертному и научному сообществу доступна обширная база данных по этому вопросу.

Цель настоящего исследования заключается в выявлении основных тенденций глобальной динамики выбросов CO_2 за период с 1990 по 2021 год, определении ключевых факторов, влияющих на рост или снижение эмиссий в различных секторах экономики и регионах мира, а также в формулировании перспективных направлений декарбонизации с учетом экономических ограничений развивающихся стран.

Результаты исследования

Проведенный в этой статье анализ доступных данных свидетельствует о том, что, несмотря на международные усилия по борьбе с изменением климата, глобальный уровень выбросов CO_2 продолжает расти. Динамика выбросов отличается в зависимости от уровня экономического развития страны: в развивающихся государствах фиксируется устойчивый рост эмиссий, тогда как в развитых странах наметилась тенденция к их стабилизации или даже снижению.

В результате проведенного анализа установлено, что в большинстве стран мира наблюдается рост выбросов CO_2 с 1990 по 2021 год (особенно в развивающихся, таких как Китай, Индия и страны Африки). Согласно данным Международного энергетического агентства, мировые объемы выбросов углекислого газа в результате сжигания топлива и производственных процессов достигли 36,8 млрд тонн в 2022 году [5]. В развитых странах (например, США, страны Европы и Япония) наблюдается стабилизация или даже снижение выбросов, особенно после 2010 года, что, вероятно, в основном связано с внедрением более строгих экологических норм и переходом на возобновляемые источники энергии.

Кроме того, стоит отметить рост выбросов от транспорта, которые, судя по проанализированным данным, выросли значительно в большинстве стран мира, особенно в развивающихся странах. Причиной этому является рост количества автомобилей и повышение спроса на мобильность. В развитых странах выбросы от транспорта также растут, но более медленными темпами, причиной чему, вероятно, являются усилия правительств по внедрению электромобилей и улучшению топливной эффективности. По данным Международного транспортного форума, транспортный сектор несет ответственность за 25% глобальных выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива, а к 2050 году выбросы от автомобильного транспорта могут увеличиться на 60% при сохранении текущих тенденций.

В таблице 1 визуализировано, как с 1990 по 2021 год в США и КНР изменились показатели выбросов CO_2 от транспорта. В целом две этих ключевых экономики отражают тенденции выбросов от транспорта в развитых и развивающихся странах.

Таблица 1
Выбросы со□ от транспорта в США и Китае в 1990–2021 гг., млн тонн со□.

Страна	1990	2000	2010	2021
США	1 246 700	1 499 700	1 694 300	1 569 300
Китай	94 150	248 480	568 780	969 450

Источник: составлено автором на основе данных [5].

Выводы Межправительственной группы экспертов по изменению климата, озвученные в ходе специального доклада по возобновляемым источникам энергии, подтверждают, что переход развивающихся стран на возобновляемые энергоносители может сократить глобальные выбросы CO_2 в энергетическом секторе от 40 до 70% уже к 2050 году [7].

В некоторых странах, таких как Бразилия и Индонезия, наблюдается снижение выбросов от изменения землепользования и лесного хозяй-

ства, что связано с усилением контроля за вырубкой лесов и восстановлением лесных массивов. В странах с быстрорастущей экономикой, таких как Китай и Индия, выбросы от электроэнергии и тепла значительно выросли, что связано с увеличением спроса на энергию и использованием угля как основного источника энергии. В развитых странах выбросы от электроэнергии и тепла снижаются благодаря переходу на возобновляемые источники энергии и газ. В странах, где добыча нефти и газа является важной частью экономики (например, Россия, Саудовская Аравия, США), утечки CO_2 при производстве энергии остаются значительными, но в последние годы наблюдается тенденция к их снижению благодаря улучшению технологий добычи и транспортировки. В 2022 году выбросы парниковых газов достигли рекордного уровня в 57,4 Гт CO_2-эквивалента, при этом основной рост пришелся на страны Азии, где продолжается активная индустриализация.

В Азии Китай и Индия являются крупнейшими источниками выбросов CO_2 (в общемировом рейтинге они также лидеры по этому показателю). В КНР выбросы от промышленности и электроэнергии за последние 30 лет выросли значительно. Динамика роста по секторам промышленности КНР представлена в таблице 2.

Таблица 2
Выбросы CO□ по секторам в Китае в 1990–2021 гг., млн тонн CO□

Сектор	1990	2000	2010	2021
Строительство	384 680	274 120	416 400	444 930
Промышленность	84 510	244 400	639 600	843 800
Транспорт	94 150	248 480	568 780	969 450
Электроэнергия и тепло	725 360	1 575 210	3 831 980	6 255 590

Источник: составлено автором на основе данных [5].

В Африке выбросы CO_2 растут, но остаются относительно низкими по сравнению с другими регионами. Основной источник выбросов в данном регионе — это транспорт и электроэнергия. В Европе наблюдается снижение выбросов CO_2, особенно в странах Европейского союза, благодаря внедрению строгих экологических норм и переходу на возобновляемые источники энергии. В США выбросы CO_2 стабилизировались, а в Канаде наблюдается небольшой рост, связанный с добычей нефти и газа. Более подробно статистика выбросов CO_2 по регионам отражена в таблице 3.

Таблица 3
Общие выбросы CO□ по регионам в 1990–2021 гг., млн тонн CO□

Регион	1990	2000	2010	2021
Азия	2 132 879	3 703 370	7 088 170	10 511 090
Африка	430 500	508 400	676 200	948 500
Европа	1 186 000	1 200 000	1 100 000	1 000 000
Северная Америка	1 386 300	1 891 100	2 074 000	1 927 400
Южная Америка	281 300	504 200	703 200	621 100

Источник: составлено автором на основе данных [2, 5].

В целом можно сделать вывод, что, несмотря на усилия по снижению выбросов в развитых странах, общий объем выбросов CO_2 в мире продолжает расти, особенно в развивающихся странах, таких как Китай и Индия. Транспорт остается одним из основных источников выбросов CO_2, особенно в странах с быстрорастущей экономикой. Выбросы от электроэнергии и тепла остаются значительными, но в развитых странах наблюдается тенденция к снижению благодаря переходу на возобновляемые источники энергии. В то время как в Европе и Северной Америке выбросы стабилизируются или снижаются, в Азии и Африке они продолжают расти.

На основе проанализированной статистики, представленной в таких международных организациях, как Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, Международное энергетическое агентство, Межправительственная группа экспертов по изменению климата [3, 5, 7], построена диаграмма общемировых трендов выбросов CO_2 по различным секторам с 1990 по 2021 год (рисунок 1).

Представленная диаграмма демонстрирует, что наиболее динамичный рост выбросов за три десятилетия наблюдался в секторах «Электроэнергетика и теплоснабжение», а также «Транспорт». При этом вклад промышленного производства, хотя и увеличился в абсолютных цифрах, рос менее интенсивно по сравнению с энергетическим сектором. Сектор строительства, напротив, показал относительную стабильность с незначительной положительной динамикой. Таким образом, наибольший потенциал для сокращения глобального углеродного следа лежит в области декарбонизации электроэнергетики и модернизации транспортных систем, особенно в странах с быстрорастущей экономикой.

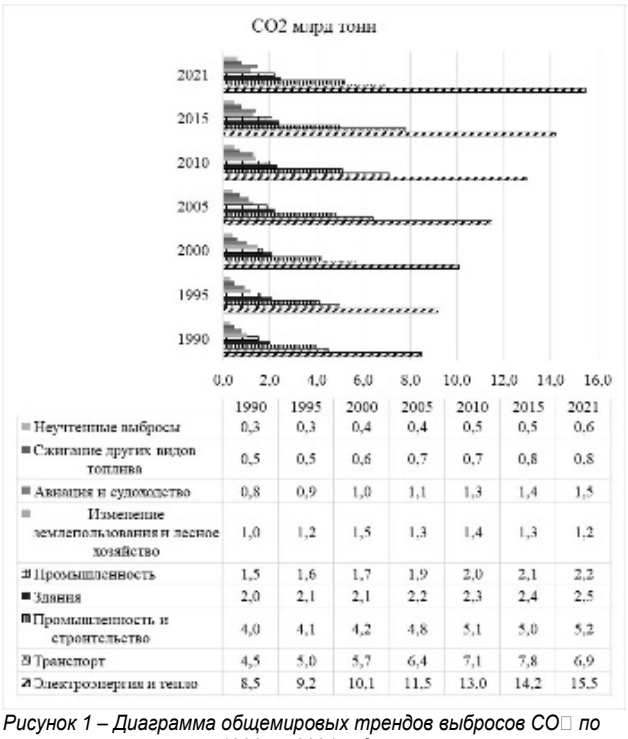


Рисунок 1 – Диаграмма общемировых трендов выбросов CO□ по различным секторам с 1990 по 2021 год
Источник: составлено автором.

Заключение

В ходе данной работы установлено, что за последние десятилетия инициативы по борьбе с выбросами CO_2 в развитых странах возымели свои результаты. Согласно отчету Европейского агентства по окружающей среде, выбросы CO_2 в Европейском союзе снизились на 32% с 1990 по 2021 год за счет внедрения экологических стандартов и декарбонизации энергетического сектора [4].

С точки зрения глобальных экологических вызовов это безусловно позитивно, а накопленный опыт, отработанные технологии и решения могут стать основой для адаптивных мер в развивающихся экономиках. Однако представляется целесообразным предположить, что адаптация этих апробированных решений может быть неактуальна для развивающихся стран в связи с экономической нецелесообразностью (иными словами, отрасли перестанут быть достаточно рентабельными). Как отмечают эксперты Международного валютного фонда в годовом отчете за 2024 год, переход на низкоуглеродные технологии в странах с низким и средним уровнем доходов может привести к краткосрочным экономическим потерям, что требует поддержки со стороны развитых стран и мирового сообщества в целом [6].

Отсюда следует вывод, что международному научному и экспертному сообществу необходимо сообща разрабатывать не просто проекты, призывающие к «экологизации» экономики, а адаптивные, гибкие и масштабируемые модели применения совокупности различных решений в отраслях промышленности, которые позволят им перестроиться с сохранением экономической целесообразности и выгоды. Настоящее исследование предоставляет актуальный аналитический обзор динамики выбросов CO_2 и может служить основой для дальнейших изысканий в области климатической политики, устойчивого развития и трансформации энергетического сектора.

Литература

1. Бездудная А.Г., Трейман М.Г., Смирнов Р.В. Проблемы социально-экономических трансформаций в арктической зоне под влиянием климатических изменений // Проблемы современной экономики. 2025. № 1 (93). С. 240–242.

2. Climate Watch Historical Emissions 2024. URL: https://www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions (дата обращения: 09.02.2025).

3. FAOSTAT Data Portal: Global Food and Agriculture Statistics. URL: https://repository.gheli.harvard.edu/repository/11270/ (дата обращения: 12.02.2025).

4. Европейское агентство по окружающей среде (EEA). Consolidated Annual Activity Report 2023 (CAAR). URL: https://www.eea.europa.eu/en/about/working-practices/docs-

register/consolidated-annual-activity-report-2023-caar (дата обращения: 09.02.2025).

5. Международное энергетическое агентство (IEA). Greenhouse Gas Emissions from Energy 2024. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy (дата обращения: 01.03.2025).

6. Международный валютный фонд (IMF). Годовой отчет МВФ 2024 года. URL: https://www.imf.org/ru/About/Factsheets/IMF-at-a-Glance (дата обращения: 11.02.2025).

7. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC). URL: https://www.ipcc.ch/languages-2/russian/ (дата обращения: 15.02.2025).

Global co_2 emission dynamics: trends, challenges, and prospects

Chu Yan
St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

T This article presents a comprehensive analysis of the global dynamics of CO_2 emissions from 1990 to 2021. The primary objective of the study is to identify key factors influencing the growth and reduction of greenhouse gas emissions across different economic sectors and world regions. The research is based on data from Climate Watch Historical Emissions 2024, reports from the International Energy Agency, the Intergovernmental Panel on Climate Change, and other authoritative international organizations. The analysis results indicate that despite the efforts of developed countries to reduce emissions, global CO_2 levels continue to rise, primarily due to the economic expansion of developing nations such as China and India. A significant contributor to this growth is the transportation sector, whose share of total CO_2 emissions could increase by 60% by 2050 if effective measures are not implemented. In developed countries, emission reductions are associated with the introduction of strict environmental regulations and the transition to renewable energy sources. Given economic realities, a large-scale transition to renewable energy requires substantial investments and international cooperation. The author concludes that it is essential to develop flexible, adaptive, and economically viable decarbonization models that allow countries to maintain industrial profitability while simultaneously reducing CO_2 emissions.

Keywords: Global CO_2 emissions, Economic decarbonization, Sustainable development, Energy transition.

References

1. Bezdundnaya, A.G., Treiman, M.G. & Smirnov, R.V. (2025) Problems of socio-economic transformations in the Arctic zone under the influence of climate change. Problems of Modern Economics. 1 (93). pp. 240–242. (In Russian)
2. Climate Watch (2024) Historical Emissions 2024. Available at: https://www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions (Accessed: 9 February 2025).
3. European Environment Agency (EEA) (2023) Consolidated Annual Activity Report 2023 (CAAR). Available at: https://www.eea.europa.eu/en/about/working-practices/docs-register/consolidated-annual-activity-report-2023-caar (Accessed: 9 February 2025).
4. FAOSTAT (2024) FAOSTAT Data Portal: Global Food and Agriculture Statistics. Available at: https://repository.gheli.harvard.edu/repository/11270/ (Accessed: 12 February 2025).
5. International Energy Agency (IEA) (2024) Greenhouse Gas Emissions from Energy 2024. Available at: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy (Accessed: 1 March 2025).
6. International Monetary Fund (IMF) (2024) IMF Annual Report 2024. Available at: https://www.imf.org/en/About/Factsheets/IMF-at-a-Glance (Accessed: 11 February 2025).
7. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023) IPCC Reports. Available at: https://www.ipcc.ch (Accessed: 15 February 2025).

Энергопереход ФРГ: системные вызовы и коррекция траектории устойчивого развития

Южелевская Мария Владиславовна
магистрант, кафедра экономики устойчивого развития и природопользования, Экономический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, mary.yuzhelevskaya@yandex.ru

В статье на основе данных статистических данных Destatis, AGEB, BMWK, BNetzA за 2023–2025 гг. анализируются энергобаланс первичных источников энергии и энергобаланс производства электроэнергии ФРГ, межсекторальная структура конечного потребления энергии, социально-экономические и технологические вызовы энергоперехода. Показано, что при достижении в 2025 г. *57,2 % доли ВИЭ в выработке электроэнергии* доля *ископаемого топлива в первичной энергии* остаётся высокой - *77,1 %*. Критически рассмотрены факторы институционального торможения: дефицит сетевой пропускной способности (из 16,8 тыс. км необходимых магистралей построено 3,5 тыс. км), технологический разрыв в области аккумуляторных систем хранения энергии большой мощности и водородной инфраструктуры, а также социальные последствия, выразившиеся в потере 0,25 млн рабочих мест в промышленном секторе. Выявлены бюджетные противоречия между государственными обязательствами по субсидированию энергоперехода и ростом военных расходов, проблемы потери конкурентоспособности немецкой промышленности, вызванные ростом цен на энергоносители, тарифными войнами с США, обострением конкуренции с КНР. Автором идентифицирован возможный *комплекс мер* по достижению целей углеродной нейтральности к 2045 г. и устойчивого развития (ЦУР 7, 8, 9, 11, 12, 13) в условиях энергетического кризиса и роста военных и социальных бюджетных ассигнований.
Ключевые слова: Германия, энергетический переход (Energiewende), углеродная нейтральность, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), энергетический кризис, структура энергетического баланса, электроэнергетика, экономика устойчивого развития, цели устойчивого развития ООН (ЦУР).

Введение

Энергетический переход Германии (Energiewende) представляет собой крупнейший в индустриальной истории эксперимент по синхронной декарбонизации электроэнергетики, теплоснабжения зданий, транспорта и промышленности. К концу 2025 г. институциональная архитектура Energiewende включает комплекс законодательных актов (EEG [20], WindSeeG [21], GEG, KWKG, Национальная водородная стратегия ФРГ [15] и др.), целевые индикаторы - достижение полной климатической нейтральности к 2045 г., а к 2030 г. - сокращение выбросов парниковых газов на 65 % от уровня 1990 г. и выработка 80% электроэнергии на основе ВИЭ-генерации.

Согласно докладу 2025 г. Международного энергетического агентства (IEA), Германия находится «на критическом поворотном пункте» («important inflaction point») [22]: страна переживает переход от одной эпохи в своей энергетической истории к другой — от эпохи, связанной с использованием атомной энергетики и угля, к эпохе, ориентированной на ВИЭ, «зеленый» водород, тепловые насосы и электромобили. Эра атомной генерации завершена в 2023 г., угольной - запланирована к окончательному завершению в 2038 г., однако новая немецкая энергосистема функционирует в условиях множественных структурных дисбалансов.

Методы

Методологической основой исследования является *структурный и сравнительный анализ* данных из первичных источников органов власти и статистики ФРГ: Федеральное статистическое управление Германии (Destatis), Федеральное министерство экономики и защиты климата (BMWK), Федеральное сетевое агентство Германии (BNetzA), Ассоциация по энергетическим балансам (AGEB). В ходе исследования проведен *структурный анализ* динамики показателей энергетического баланса первичных источников энергии ФРГ и энергетического баланса выработки электроэнергии.

Сравнительный анализ проведен на основе статистических данных Мирового Банка (Worldbank Group), Международного энергетического агентства (IEA), Экономической комиссии ООН (United Nations Economic Commission for Europe): ВВП (номинал, ППС), экспорт и его структура, транспорт и его структура.

Анализ временных рядов по однородным показателям выполнен на основе Таблиц оценки энергетического баланса ФРГ с 1990 по 2024 год, результатом чего стали расчетные построенные автором: Структура первичного энергопотребления по видам источников и Структура потребления энергии по 4-м секторам экономики ФРГ.

Метод межотраслевых балансов использовался при расчетах для определения - сколько продукции топливно-энергетического комплекса ФРГ используется для внутриотраслевого потребления.

Результаты

В ходе исследования определены существенные особенности экономики Германии, *построены энергетические балансы первичных источников энергии* и производства электроэнергии, рассчитана структура потребления энергии по 4 - м секторам немецкой экономики, выявлены дисфункции и причины спада экономики ФРГ в ходе реализации Energiewende, рассмотрены и *предложены перспективные сценарии достижения целей* энергоперехода и ЦУР ООН.

1. Существенные особенности экономики ФРГ

ФРГ - крупнейшая экономика ЕС, 3-я экономика мира по объему ВВП по номиналу – €4,686 трлн [28] и 6-я по ППС - €6,408 трлн [29], в которой парк автотранспортных средств составляет 53,4 млн шт. [25].

При огромных размерах высокотехнологичной и энергоемкой экономики Германия является *крайне энергодефицитной страной* - в общем объеме потребления основных энергоресурсов доля импорта составляет: нефти - 98%, природного газа - более 94%, каменного угля - 100% [14].

Германия является *экспортноориентированной страной*, занимая 3-е место в мире по объему экспорта - $1,941 трлн. [27] и намного опережая крупные страны по доле экспорта в ВВП страны.

Также характерной отличительной чертой немецкого экспорта является высокая доля товарной продукции с высокой добавленной стоимостью: транспортные средства и запчасти (17%), машинное оборудование (14%), химические продукты (9%). Немецкие товары на мировом рынке - это прежде

всего качественные автомобили, машиностроение, химическая продукция, электротехническое оборудование, электроника, медицинское оборудование, точная механика: Volkswagen, Mercedes-Benz, BMW, Audi, Porsche, Siemens, Bosch, SAP, BASF, E.ON, RWE, Uniper, Bayer.

Таблица 1
Доля экспорта товаров и услуг в ВВП в 2024 г.

Страна	Доля (%)
Германия	41,4
Франция	33,9
Великобритания	32
Япония	22,9
РФ	21,9
Индия	21,2
КНР	20,2
США	11,2

Источник: составлено автором на основе данных Мирового Банка за 2024 г [30].

2. Агрегированный энергобаланс: структура и динамика (2024–2025)

Первичное энергопотребление

В 2024 г. первичное энергопотребление в ФРГ составило *10 571 ПДж*, что на *29,1 % ниже* показателя 1990 г. (14 905 ПДж), когда началась немецкая программа энергоперехода, включающая в качестве составной части энергоэффективность и энергосбережение (яркое проявление эффекта декаплинга).

Таблица 2
Структура первичного энергопотребления, 2024 г. (%)

Энергоноситель	ПДж	%
Нефтепродукты	3 830	36,2
Газ	2 733	25,9
Каменный уголь	774	7,3
Бурый уголь	809	7,7
ВИЭ	2 127	20,1
Другие источники	203	1,9
Импорт	95	1
Всего	10 571	100

Источник: составлено автором на основе Таблицы оценки энергетического баланса ФРГ с 1990 по 2024 год. С.10 [11].

Доминирование нефтепродуктов (более трети) обусловлено практически полной зависимостью транспортного сектора от нефтепродуктов (более 92 % конечной энергии транспорта). Природный газ занимает второе место (26 %), обеспечивая гибкую генерацию электроэнергии, отопление и технологические процессы в промышленности. В совокупности *нефть, уголь и газ составляют - 77,1 %. Доля ВИЭ - 20%* и по предварительным оценкам в 2025 г. составит 20,6% - остаётся почти неизменной в течение двух лет и демонстрирует стагнацию из-за погодных условий и отставания темпов ввода ветроэнергетических мощностей, которое частично компенсируется ускорением солнечной генерации.

Электроэнергетика: ключевые изменения и особенности

В 2025 г. общая выработка электроэнергии в Германии составила *507,5 ТВт·ч* (2024 г. – 503,2 ТВт·ч). Доля ВИЭ составила *57,2 %*, что формально соответствует целевым ориентирам, но при детализации выявляются противоречивые тенденции.

Таблица 3
Выработка электроэнергии по источникам в 2024-2025 гг.

Источник энергии	2025, ТВт·ч	Изменение с 2024 г., в %	Доля в общем объеме, %
Уголь, в том числе:	103.7	- 1.9	20.4
- Бурый уголь	74.2	- 5.8	14.6
- Каменный уголь	29.5	+ 9.7	5.8
Природный газ	86.3	+ 5.8	17.0
Нефтепродукты	4.1	- 4.7	0.8
ВИЭ, в том числе:	290.2	+ 0.1	57.2
- Ветряная энергия	133.7	- 4.4	26.3
- Фотоэлектрическая	91.6	+20.7	18.0
- Биомасса	42.4	- 4.1	8.4
- Гидроэнергия	16.9	- 24.9	3.3
- Бытовые отходы	5.4	- 1.2	1.1
- Геотермальная	0.2	0.0	0.0
Другие источники	23.2	- 0.9	4.6
Всего	507.5	+ 0.9	100

Источник: составлено автором на основе - Федеральное статистическое управление ФРГ (Destatis) [16].

Особенности 2025 г.

1) *Рост солнечной генерации*. Фотоэлектрическая энергия увеличила выработку за год на *20,7%* за счёт рекордного ввода мощностей (16,2 ГВт, общая мощность — 116,8 ГВт). Однако рост солнечной генерации без адекватных систем накопления усугубляет проблему отрицательных цен: в 2025 г. зафиксировано *573 часа отрицательных оптовых цен* против 457 в 2024 г. (рост + 25,3% за год).

2) *Рост каменноугольной генерации*. При сокращении генерации из бурого угля (- 5,8 %) выработка из каменного угля *выросла на 9,7 %* (до 29,5 ТВт·ч) для покрытия пиковых нагрузок потребления в периоды Dunkelflaute.

3) *Рост газовой генерации*. Природный газ увеличил выработку электроэнергии на 5,8 % (доля -17%), также компенсируя недопроизводство ВИЭ в пиковые периоды.

3. Энергопереход в четырёх секторах экономики

Таблица 4
Конечное энергопотребление по секторам

Сектор	Доля, %	Основной энергоноситель
Транспорт	31	Нефтепродукты (93 %), ВИЭ (5%)
Домохозяйства	28	Газ (36 %), электричество (21%), нефтепродукты (18%), ВИЭ (16%)
Промышленность	28	Газ (32 %), электричество (30%), уголь (15%)
Торговля, услуги	14	Электроэнергия (39%), газ (32%),

Источник: Рассчитано автором на основе - Таблицы оценки энергетического баланса ФРГ с 1990 по 2023 год. с.11, с.22. [10].

Высокая доля транспортного сектора при почти полной зависимости от нефтепродуктов является главным тормозом выполнения климатических обязательств: выбросы транспорта в 2024-2025 гг. стагнировали на уровне 148 млн т CO_2. Электромобили (1,4 млн шт. на начало 2025 г.) не оказывают макроэффекта из-за низкой доли в парке (3 %) и высокой углеродоёмкости текущего баланса генерации.

4. Проблемы Energiewende

Макроэкономическая цена и бюджетный кризис

Затраты на Energiewende значительны, проходят по разным статьям немецкого бюджета и являются как фиксированными, так и зависящими от рыночной динамики:

- ежегодные бюджетные субсидии операторам ВИЭ рассчитываются от оптовых цен и могут достигать €20 млрд (2024 г.) [12];
- расходы на редиспетчеризацию, связанные с перепадами выработки электроэнергии ВИЭ-генерацией (в 2024 г. - €2,8 млрд);
- принято решение субсидировать плату за электроэнергию предприятий тяжёлой индустрии в 2026-2028 гг.: устанавливается тариф на электроэнергию для энергоемкой промышленности в размере 5 евроцентов за кВт/ч, что составит – 3 -5 млрд € субсидий;
- 4 основных оператора электросетей ФРГ получат в 2026 г. федеральный грант в размере €6,5 млрд [13].

Дополнительные бюджетные расходы по различным программам, связанным с энергопереходом:

- программа компенсации пострадавшим регионам, рабочим и компаниям в рамках планов по прекращению использования бурого угля на электростанциях к 2038 г. составляет - €40 млрд;
- программа компенсации компаниям за досрочный вывод АЭС составила €2,43 млрд [19];
- программа контрактов «для защиты климата» - €4 млрд (2024 г.) [2].

В условиях экономического спада, бюджетного дефицита и стагнации происходит резкий рост военных расходов: в 2023 г. +20% (€67,3 млрд), в 2024 г. + 31,5% (€88,5 млрд). В связи решением НАТО довести военный бюджет стран до 3,5 процента от ВВП к 2030г., в 2029 г. оборонный бюджет ФРГ составит €152 млрд [7].

Одновременно резкий рост военных расходов ФРГ и социальные трансферты создают *эффект вытеснения* инвестиций в энергоинфраструктуру инвестициями в развитие ВПК: доля «зелёных» инвестиций в бюджете снизилась с 5,3 % (2022 г.) до 3,9 % (2025 г.).

Промышленный спад: признаки деиндустриализации

Из-за экономического спада с 2019 г. по 2025 г. промышленность ФРГ потеряла *245 500 рабочих мест* [24]. Среди компаний, сокращающих рабочие места, - Volkswagen, Mercedes Continental.

Немецкие автопроизводители сталкиваются с жесткой конкуренцией со стороны китайских компаний, технологически сложным и дорогостоящим переходом на электромобили, заградительными импортными пошлинами США.

BMW, BASF, Volkswagen, ThyssenKrupp и другие лидеры немецкой экономики переводят мощности за рубеж.

Руководитель Германского промышленного союза (BDI) Петер Ляйбингер в декабре 2025 г. заявил, что «германская промышленность сталкивается с драматическим спадом» - промышленное производство сокращается четвёртый год подряд (- 2 % за 2025 г.) [8].

Наиболее сложную обстановку BDI фиксирует в химической промышленности: загрузка заводов - 70 %.

Таблица 5

Динамика ВВП ФРГ за период 2016-2025 гг. с поправкой на инфляцию (в %)

2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
2.2	2.8	1.1	1.0	-4.1	3.9	1.8	-0,9	-0,5	0,2

Источник: Федеральное статистическое агентство ФРГ [17]

Главный фактор – *цены на энергоносители* [6]. Отказ от поставок из РФ, а затем рост цен в результате военного конфликта на Ближнем Востоке привели к тому, что для энергоёмких производств Германии электроэнергия обходится в 2,5 раза дороже, чем в США, и на 60 % дороже, чем в Китае. Ключевые отрасли (сталелитейная, машиностроение, химическая, цементная, стекольная) оказались в крайне тяжелом положении.

Дополнительным триггером перехода в стагфляцию являются тарифные войны: 01.05.2026 г. Президент США Д. Трамп объявил об очередном повышении пошлин - с 15% до 25% на ввозимые из ЕС автомобили.

Технологическая неподготовленность

Закрытие последних трёх АЭС в апреле 2023 г. повысило зависимость от угольной и газовой генерации.

В настоящее время наблюдаются существенные технологические разрывы при организации системы энергоснабжения ФРГ:

- *Аккумуляторные системы большой мощности***:** проекты «Grid Booster» не обеспечивают сглаживания суточной и сезонной изменчивости.
- *Сеть «Север-Юг»:* из требуемых 16 800 км магистралей построено лишь *3 500 км* (21 %), а из 128 проектов полностью завершено 34 (27 %).
- *Компенсация перепадов ВИЭ:* стоимость мер системной устойчивости (редиспетчеризация, оперативный резерв) достигла €3 млрд в 2024 г.
- *Водородная инфраструктура:* пилотный импорт зелёного аммиака по программе H2Global (€397 млн на 397 тыс. т до 2033 г.) носит пока демонстрационный характер. Массовый импорт водорода задерживается и не начнётся ранее 2035 г. Общий бюджет H2Global составляет €3 млрд, бюджет второй аукционной волны - €2,5 млрд. Однако величина требуемого импорта к 2045 г. оценивается в 500 ТВтч (в H_2-эквиваленте), что более чем *в 20 раз* превышает текущие планы закупок.

5. Перспективы до 2045 г. в контексте ЦУР ООН

Немецкий энергопереход - это процесс трансформации энергетической системы, который непосредственно связан с реализацией ЦУР 7 ООН: «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех» [26].

В свою очередь ЦУР 7 тесно связана и взаимно дополняет еще по крайней мере пять ЦУР: устойчивый экономический рост (ЦУР 8), инфраструктура и инновации (ЦУР 9), устойчивые города (ЦУР 11), рациональные модели производства и потребления (ЦУР 12), климат (ЦУР 13) [3]. Экологизация энергетического сектора является важной задачей для формирования «зеленой» и низкоуглеродной экономики.

ЦУР 7 - Доступная и чистая энергия и ЦУР 9 - Инновации и инфраструктура. Федеральное сетевое агентство в 2025 г. выдало разрешения на 2 000 км новых линий, что на 45 % больше, чем в 2024 г. Однако для достижения 80 % ВИЭ в электропотреблении к 2030 г. [25] необходимы темпы ввода сетей - 3 тыс. км в год, что требует срочного изменения градостроительного и природоохранного законодательства для сокращения сроков согласования документов в 3 раза. При нынешних темпах строительства сетей нового поколения прогнозируется отставание от целевого графика до 2030 г. на 5 тыс. км.

ЦУР 13 - Борьба с изменением климата. Федеральное ведомство по окружающей среде (UBA) на основе текущих тенденций прогнозирует сокращение выбросов к 2030 г. на 62,6 % (от уровня 1990 г.) при целевом показателе 65% - дефицит около 30 млн т CO_2. Несмотря на существенный успех, основным тормозящим фактором является отсутствие необходимого прогресса в сокращении выбросов на транспорте.

Полученные результаты комплексного анализа особенностей экономики ФРГ (крайняя энергозависимость, экспортноориентированность), структурного анализа энергетических балансов первичных источников энергии и электроэнергетики, существенных дисфункций Energiewende - позволяют утверждать, что Германия, попав в «идеальный шторм» (резкий скачок энергоцен из-за военных конфликтов, повышение тарифов США, рост военных расходов, захват рынков автокомпаниями КНР) находится в критической точке, требующей срочной корректировки путей развития.

Для достижения поставленных Германией целевых показателей углеродной нейтральности к 2045 г. и гармонизации действий в области достижения ЦУР 7, 8, 9, 11, 12 и 13, целесообразно, по мнению автора, не отказываясь от цели достижения углеродной нейтральности и общей парадигмы устойчивого развития, скорректировать программу действий – и, прежде всего, в области *государственной структурно-инвестиционной политики по трем главным (на данном критическом этапе) направлениям: ВИЭ (инфраструктура, аккумулирующие системы большой мощности), электротранспорт (инфраструктура, аккумуляторы), цифровизация и ИИ.*

Заключение

Энергопереход ФРГ демонстрирует успехи в снижении углеродоемкости электроэнергетики (доля ВИЭ 57,2 % в 2025 г.), однако макроэкономические и отраслевые данные фиксируют нарастающую системную дисфункцию: ископаемое топливо сохраняет доминирование в первичном энергобалансе (77,1 %), промышленная конкурентоспособность подорвана высокими энергоценами и тарифами, а темпы модернизации сетей и развития технологий накопления энергии отстают от темпов расширения ВИЭ-генерации. Устойчивая траектория к климатической нейтральности 2045 г. требует не только увеличения субсидий, но и *институциональных реформ* ускорения межсекторальной интеграции ВИЭ.

Однако, по мнению автора, существенная коррекция методов достижения цели – это не отказ от энергоперехода и не «критический выбор между энергетическим идеализмом и экономическим прагматизмом» (как пишут подавляющее большинство исследователей [4]), а вынужденный временный шаг назад, чтобы преодолеть крайне опасный *системный кризис* – когда один из 3-х главных отрицательных факторов усиливает другой: кратный рост энергоцен, рост американских тарифов, резкий рост военных расходов.

Если рассматривать проблему немецкого энергоперехода в более широком контексте, то сейчас происходит переломный момент выбора путей развития не только Германии, но и всей западной (а по сути – мировой) цивилизации: либо - предлагаемый администрацией США путь «дикого» капитализма (закон джунглей - право сильного; жестокая борьба за ископаемые энергоресурсы любыми, даже военными средствами; отказ от «зеленой» энергетики – о чем говорит повторный выход США из Парижского соглашения в 2017 г. и 2025 г.; «рост неравенства как внутри стран, так и между странами» – отсутствие равного доступа к качественным услугам в сфере здравоохранения, высокому качеству образования, к современным технологиям [3]) или другой путь - построения мира, основанного на принципах благосостояния для всех [9] и целях устойчивого развития ООН [26].

Литература

1. Белов В.Б Вызовы для конкурентоспособности германского хозяйственно-политического пространства // Современная Европа. - 2024. - №6. - с.53-66.
2. Белов В.Б. Экономика Германии: основные итоги рецессионного 2024 г. и вызовы 2025 г. // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. - 2025. - №1. - с.79-88.
3. Бобылев С.Н. Экономика устойчивого развития : учебник / С.Н. Бобылев. — Москва : КНОРУС, 2021. - 672 с.
4. Жуков С.В., Попадько А.М. Кризис энергоперехода в Германии. Анализ и прогноз. // Журнал ИМЭМО РАН. - 2025. - № 3. - с. 64-79.
5. Меден Н.К. Электроэнергетика Германии в условиях энергокризиса: цена надежности // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. – 2023. - №2. – с.113-124.
6. Попадько Н.В., Бодров А. А. Энергопереход в ФРГ: риски и возможности в условиях геополитической напряженности // Инновации и инвестиции. - 2023.- № 8. - с.50-54.

7. Российская газета. Германия почти вдвое нарастит оборонный бюджет и урежет расходы на дипломатию URL: https://rg.ru/2025/07/09/germaniia-pochti-vdvoe-narastit-oboronnyj-biudzhet-i-urezhet-rashody-na-diplomatiiu.html (дата обращения: 23.04.2026).
8. ТАСС. Германский промышленный союз отмечает серьезный кризис в экономике ФРГ URL: https://tass.ru/ekonomika/25787607 (дата обращения: 23.04.2026).
9. Эрхард Л. Благосостояние для всех. - М.: Дело, 2001. - 352 с.
10. AGEB. Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland Daten für die Jahre von 1990 bis 2023.
11. AGEB. Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2024 (Datenstand: April 2026)
12. Bloomberg. German Budget Crisis to Deepen As Renewable Subsidies Double URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-05-29/germany-s-climate-transition-costs-to-spiral-as-subsidies-double (дата обращения: 23.04.2026).
13. Bundesregierung. Niedrigere Netzentgelte für 2026 URL: https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/niedrigere-netzentgelte-2382396 (дата обращения: 23.04.2026).
14. BMWK. URL:https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/coal.html (дата обращения: 19.04.2026).
15. BMWK. The National Hydrogen Strategy URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html (дата обращения: 17.04.2026).
16. Destatis. Gross electricity production in Germany - German Federal Statistical Office. URL:https://www.destatis.de/EN/Themes/Economic-Sectors-Enterprises/Energy/Production/Tables/gross-electricity-production.html (дата обращения: 23.04.2026).
17. Destatis. National accounts - Gross value added, gross domestic product (nominal/price-adjusted): Germany, years URL:https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/81000/table/81000-0001/ (дата обращения: 22.04.2026).
18. Eurostat. R&D expenditure - Statistics Explained - URL:https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=R%26D_expenditure (дата обращения: 22.04.2026).
19. Germania-online URL:https://germania-online.diplo.de/ru-dz-ru/wirtschaft/energie/2449980-2449980 (дата обращения: 20.04.2026).
20. Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien URL: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/ (дата обращения: 15.04.2026).
21. Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf URL: https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/ (дата обращения: 15.04.2026).
22. IEA. Energy Policy Review.Germany 2025. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7fea0ad0-1cc1-45e9-810b-2d602e64642f/Germany2025.pdf (дата обращения: 17.04.2026).
23. IMD World Competitiveness Ranking (Institute of Management Development) URL: https://gtmarket.ru/ratings/imd-world-competitiveness-ranking
24. Reuters. German industry sheds almost 250,000 jobs in worsening downturn, study shows | Reuters URL: https://www.reuters.com/en/german-industry-sheds-almost-250000-jobs-worsening-downturn-study-shows-2025-08-26/ (дата обращения: 20.04.2026).
25. United Nations Economic Commission for Europe URL:https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT__40-TRTRANS__03-TRRoadFleet/03_en_TRRoadFuelFlt_r.px/table/tableViewLayout1/ (дата обращения: 19.04.2026).
26. United Nations. Sustainable Development URL:https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения: 25.04.2026).
27. Worldbank Group. Exports of goods and services (BoP, current US$) - Germany | Data URL:https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.GNFS.CD?most_recent_value_desc=true&locations=DE (дата обращения: 20.04.2026).
28. Worldbank Group. GDP (current US $). URL:https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?name_desc=false&order=wbapi_data_value_2014+wbapi_data_value+wbapi_data_value-last&sort=desc (дата обращения: 18.04.2026).
29. Worldbank Group. GDP, PPP. URL:https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD?order=wbapi_data_value_2014%20wbapi_data_value%20wbapi_data_value-last&sort=desc (дата обращения: 18.04.2026).
30. Worldbank Group. Indicator URL:https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.GNFS.CD?most_recent_value_desc=true&locations=DE (дата обращения: 20.04.2026).

Germany's Energy Transition: Systemic Challenges and Correcting the Trajectory of Sustainable Development

Yuzhelevskaya M.V.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Based on statistical data from Destatis, AGEB, BMWK, and BNetzA for the years 2023–2025, this article analyzes the primary energy balance and electricity generation balance of the Federal Republic of Germany, the intersectoral structure of final energy consumption, and the socio-economic and technological challenges of the energy transition. It is shown that while the share of renewable energy sources (RES) in electricity generation reaches 57.2% in 2025, the share of fossil fuels in the primary energy balance remains high at 77.1%. Institutional barriers are critically examined: a deficit in grid transmission capacity (only 3.5 thousand km of the required 16.8 thousand km of main lines have been built), a technological gap in high-capacity battery energy storage systems and hydrogen infrastructure, as well as social consequences, manifested in the loss of 250 thousand jobs in the industrial sector. Budgetary contradictions are identified between state commitments to subsidize the energy transition and the growth of military expenditures, problems of declining competitiveness of German industry caused by rising energy prices, tariff wars with the USA, and intensified competition with China. The author identifies a potential set of measures to achieve carbon neutrality by 2045 and sustainable development goals (SDGs 7, 8, 9, 11, 12, 13) in the context of the ыenergy crisis and increased military and social budget allocations.

Keywords: Germany, energy transition (Energiewende), carbon neutrality, renewable energy sources (RES), energy crisis, energy balance structure, electricity industry, sustainable development economy, United Nations Sustainable Development Goals (SDGs).

References

1. Belov VB Challenges for the Competitiveness of the German Economic and Political Space // Modern Europe. - 2024. - No. 6. - pp. 53-66.
2. Belov VB Economy of Germany: Main Results of the Recession Year 2024 and Challenges of 2025 // Scientific and Analytical Bulletin of the Institute of Europe of the Russian Academy of Sciences. - 2025. - No. 1. - pp. 79-88.
3. Bobylev SN Economics of Sustainable Development: a textbook / SN Bobylev. - Moscow: KNORUS, 2021. - 672 p.
4. Zhukov SV, Popadko AM Energy Transition Crisis in Germany. Analysis and Forecast // Journal of IMEMO RAS. - 2025. - No. 3. - pp. 64-79.
5. Meden N.K. Electric Power Industry of Germany in the Conditions of the Energy Crisis: The Price of Reliability // Scientific and Analytical Bulletin of the Institute of Europe of the Russian Academy of Sciences. - 2023. - No. 2. - pp. 113-124.
6. Popadko N.V., Bodrov A.A. Energy Transition in Germany: Risks and Opportunities in the Context of Geopolitical Tensions // Innovations and Investments. - 2023.- No. 8. - pp. 50-54.
7. Rossiyskaya Gazeta. Germany will almost double its defense budget and cut diplomatic spending. URL: https://rg.ru/2025/07/09/germaniia-pochti-vdvoe-narastit-oboronnyj-biudzhet-i-urezhet-rashody-na-diplomatiiu.html (accessed on 23.04.2026).
8. TASS. The German Industrial Association notes a serious crisis in the FRG economy. URL: https://tass.ru/ekonomika/25787607 (accessed on 23.04.2026).
9. Erhard L. Welfare for All. - Moscow: Delo, 2001. - 352 p.
10. AGEB. Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland Daten für die Jahre von 1990 bis 2023.
11. AGEB. Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 to 2024 (Daten-stand: April 2026)
12. Bloomberg. German Budget Crisis to Deepen As Renewable Subsidies Double URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-05-29/germany-s-climate-transition-costs-to-spiral-as-subsidies-double (accessed: 04/23/2026).
13. Bundesregierung. Niedrigere Netzentgelte für 2026 URL: https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/niedrigere-netzentgelte-2382396 (date of access: 23.04.2026).
14. BMWK. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/coal.html (date of access: 19.04.2026).
15. BMWK. The National Hydrogen Strategy URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html (date of access: 17.04.2026).
16. Destatis. Gross electricity production in Germany - German Federal Statistical Office. URL: https://www.destatis.de/EN/Themes/Economic-Sectors-Enterprises/Energy/Production/Tables/gross-electricity-production.html (access date: 04/23/2026).
17. Destatis. National accounts - Gross value added, gross domestic product (nominal/price-adjusted): Germany, years URL: https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/81000/table/81000-0001/ (access date: 04/22/2026).
18. Eurostat. R&D Expenditure - Statistics Explained - URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=R%26D_expenditure (accessed: 22.04.2026).
19. Germania-online URL: https://germania-online.diplo.de/ru-dz-ru/wirtschaft/energie/2449980-2449980 (accessed: 20.04.2026).
20. Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien URL: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/ (accessed: 15.04.2026).
21. Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf URL: https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/ (access date: 04/15/2026).
22. IEA. Energy Policy Review.Germany 2025. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7fea0ad0-1cc1-45e9-810b-2d602e64642f/Germany2025.pdf (access date: 04/17/2026).
23. IMD World Competitiveness Ranking (Institute of Management Devel-opment) URL: https://gtmarket.ru/ratings/imd-world-competitiveness-ranking
24. Reuters. German industry sheds almost 250,000 jobs in worsening down-turn, study shows | Reuters URL: https://www.reuters.com/en/german-industry-sheds-almost-250000-jobs-worsening-downturn-study-shows-2025-08-26/ (accessed: 04/20/2026).

Анализ энергетической мировой политики на основе трендов Китая и Ближнего Востока

Коленкова Анастасия Игоревна
студент бакалавриата, факультет «Международные экономические отношения», программа «Мировая экономика и международный бизнес», Финансовый университет при Правительстве РФ, kolenkova.nastya@mail.ru,

Харланов Алексей Сергеевич
к.т.н., д.э.н., член Совета ректоров России, профессор кафедры международного бизнеса, Финансовый университет при Правительстве РФ, kharlanov2009@mail.ru

Глобальная энергетическая архитектура переживает системную трансформацию под воздействием геополитических сдвигов, технологических инноваций и структурных изменений в мировой экономике. В статье анализируются ключевые тренды энергетической политики Китая и государств Ближнего Востока - с акцентом на Иран и Объединенные Арабские Эмираты - в контексте процессов реиндустриализации и формирования новых энергетических коридоров. Исследование базируется на анализе стратегических документов, данных о структуре энергопотребления и инвестиционных потоках в период 2022–2026 годов. Выявлено, что энергетическая дипломатия КНР в регионе Персидского залива носит комплексный характер, сочетая обеспечение энергобезопасности с продвижением технологических стандартов и инфраструктурных проектов. Особое внимание уделено противоречиям между декларируемыми целями декарбонизации и реальным наращиванием добычи углеводородов, а также влиянию санкционных режимов на конфигурацию энергетических рынков. Результаты исследования демонстрируют формирование альтернативных центров влияния в глобальной энергетике и переход от монополярной к полицентричной модели управления энергоресурсами.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, энергетическая дипломатия, Китай, Ближний Восток, Иран, ОАЭ, реиндустриализация, углеводороды, возобновляемая энергетика.

Энергетическая стратегия Китая: от импортозависимости к глобальному влиянию

Китайская энергетическая политика эволюционировала от импортозависимости в 1993 году к многовекторной системе, сочетающей диверсификацию поставок, технологическую модернизацию и геополитическое влияние. Структура энергопотребления КНР противоречива: уголь занимает 55% первичного потребления в 2024 году, но страна лидирует в ВИЭ с приростом мощностей на 600 ГВт (60% глобального). Зависимость от импорта углеводородов из Ближнего Востока (45–55%) создает уязвимости в Ормузском и Баб-эль-Мандебском проливах. В ответ Пекин реализует стратегию «выхода вовне» через долгосрочные инвестиции в добычу и цепочки поставок. Ключевыми инструментами служат госкорпорации CNPC, Sinopec и CNOOC, подчиненные государственной политике. Более 20% зарубежных контрактов 2022–2024 годов приходится на Ближний Восток: операторство в Ираке, EPC в Саудовской Аравии и ОАЭ, проекты в Иране. Энергетическая дипломатия интегрирована в «Один пояс, один путь»: в 2024 году инвестиции в регион достигли 39 млрд долларов (+102% к 2023 году), лидируют Саудовская Аравия, Ирак и ОАЭ. Параллельно Китай доминирует в ВИЭ: 80% солнечных панелей, 75% литий-ионных батарей и электромобилей. Избыток мощностей стимулирует экспорт технологий на Ближний Восток, где страны диверсифицируют экономику через китайские солнечные, ветровые системы и электротранспорт.

Таблица 1
Инвестиционные проекты

Компания/Проект	Объем инвестиций (2024 млрд)	Рост 2022-2024 (%)	Ключевые партнеры
CNPC EPC	300	20	Arctech, Jinko Solar
Sinopec	85	-	SABIC, Trina Solar
ADNOC BESS	5	-	CATL, BYD

Как показано в таблице 1, CNPC доминирует в EPC-инвестициях (300 млрд юаней), подчеркивая цифровизацию энергетики Китая; Ближний Восток отстает, но наращивает BESS через партнерства (CATL, BYD).

1.

2. **Энергетическая политика Ирана: санкции, адаптация и региональные амбиции**

Иран обладает одними из крупнейших запасов углеводородов: 157,8 млрд баррелей нефти (9,1% мировых) и 33,9 трлн м³ газа (17,8% мировых). Международные санкции, усиленные после выхода США из СВПД в 2018 году, ограничивают доступ к финансам, технологиям и оборудованию для нефтегазового сектора. Под давлением Иран адаптируется, углубляя сотрудничество с Китаем: в 2024 году КНР закупила 90% иранского экспорта нефти (1,5–1,8 млн баррелей/сутки) по дисконтам, обходя санкции. Стратегия фокусируется на нефтехимии для повышения добавленной стоимости: в 2018 году производство достигло 49 млн тонн, экспорт – 19 млн тонн на 10,5 млрд долларов. Мощности сосредоточены в зонах Махшахра (Хузестан) и Ассалуе (Южный Парс). Газовый сектор ориентирован на внутреннее потребление: добыча 248,5 млрд м³ в 2024 году, из них 170 млрд м³ внутри страны. Экспорт газа идет по трубопроводам в Ирак, Турцию и Армению. Развитие СПГ тормозится отсутствием инфраструктуры, инвестиций и технологий из-за санкций. Ключевой проект – Южный Парс (совместно с Катаром), но капиталоемкие фазы страдают от дефицита финансирования. Таким образом, Иран балансирует между санкциями, адаптацией и региональными амбициями через альтернативные рынки и диверсификацию.

Таблица 2
Динамика производства энергии

Регион/Компания	Нефть 2024 г. (млн т/барр.)	ВИЭ доля (%) 2024 г.	Прогноз 2026 г. (%)
Китай(CNPC)	248,5	45-55	60
Ближний Восток (Saudi Aramco)	102-103 млн барр./сутки	35-45	50
ADNOC	-	10(2025 г.)	15

Таблица 2 показывает лидерство Китая в росте ВИЭ-доли (с 45–55% до 60% к 2026 г.), в то время как Ближний Восток сохраняет фокус на нефти (102–103 млн барр./сутки).

Важным измерением энергетической политики Ирана выступает транзитный потенциал. Географическое положение страны - между Каспийским морем и Персидским заливом, на пересечении осей «Восток-Запад» и «Север-Юг» - создает предпосылки для реализации крупных трубопроводных проектов. Обсуждаются перспективы строительства газопровода из России в Иран через Азербайджан с потенциальным объемом поставок до 55 млрд м³ в год. Подобный проект мог бы интегрировать Иран в евразийские энергетические потоки и снизить его изолированность на глобальном энергетическом рынке. Впрочем, реализация транзитных проектов с участием Ирана сталкивается с серьезными политическими препятствиями, обусловленными санкционными рисками и опасениями стран-партнеров относительно вторичных санкций со стороны США.

3. **Энергетическая трансформация ОАЭ: от нефтяной ренты к технологическому лидерству**

Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) реализуют одну из наиболее амбициозных программ энергетической трансформации среди стран Персидского залива. Страна располагает доказанными запасами нефти в объеме 97,8 млрд баррелей, что составляет 5,6% мировых резервов. Диверсификация энергетического сектора осуществляется посредством инвестиций в возобновляемые источники энергии (ВИЭ), атомную генерацию и водородные технологии. Данная стратегия обусловлена необходимостью снижения зависимости от углеводородной ренты и формирования статуса регионального центра инноваций в энергетике и климатических технологиях.

Масштабное развертывание солнечной генерации выступает ключевым компонентом политики ОАЭ. Проект солнечного парка имени шейха Мохаммеда бин Рашида Аль Мактума в Дубае предусматривает достижение мощности 5 ГВт к 2030 году. В Абу-Даби реализуется комплекс «Аль-Ажбан» мощностью 1,5 ГВт с применением китайских технологий, включая солнечные трекеры от Arctech и модули от Jinko Solar и JA Solar. Параллельно вводятся системы хранения энергии (BESS) емкостью свыше 30 ГВт·ч - крупнейшие в мире; основными поставщиками являются CATL, BYD и PowerChina.

Атомная энергетика диверсифицирует энергобаланс ОАЭ. АЭС «Барака» (5,6 ГВт, строительство KEPCO) введена в эксплуатацию в 2020–2021 годах и обеспечивает 25% национального электропотребления. Это высвобождает газовые ресурсы для экспорта и нефтехимии, позиционируя ОАЭ как единственного оператора атомной генерации на Аравийском полуострове.

«Национальная водородная стратегия» (2023) ориентирована на производство 1,4 млн тонн водорода к 2031 году и 15 млн тонн к 2050 году, с акцентом на «зеленый» (электролиз на ВИЭ) и «голубой» (с CCS) варианты. ADNOC инициирует пилотные проекты для экспорта в Европу и Азию.

Энергетическое партнерство с Китаем носит комплексный характер: закупки технологий, инвестиции (10 млрд долларов в 2025 году), участие State Grid в сетях и CNPC в концессиях ADNOC. ОАЭ - ведущий торговый партнер КНР на Ближнем Востоке.

Трансформация сочетается с ростом добычи нефти (3,2 млн баррелей/сутки в 2024 году; планы - 5 млн к 2027 году), что обеспечивает финансирование диверсификации в постуглеродную эпоху.

4. **Реиндустриализация и энергетические рынки: глобальные тренды и региональная специфика**

Процессы реиндустриализации, развернувшиеся в ведущих экономиках мира в ответ на пандемию COVID-19, нарушения глобальных цепочек поставок и обострение геополитической конфронтации, оказывают существенное влияние на конфигурацию энергетических рынков. Реиндустриализация – понимаемая как восстановление или создание промышленных мощностей на национальной территории с целью снижения зависимости от зарубежных поставщиков сопровождается ростом энергопотребления и изменением структуры спроса на энергоносители.

В Соединенных Штатах реиндустриализация стимулируется масштабными государственными программами – прежде всего, «Законом о снижении инфляции» (Inflation Reduction Act, 2022) и «Законом о чипах и науке» (CHIPS and Science Act, 2022), предусматривающими сотни миллиардов долларов субсидий и налоговых льгот для производственных инвестиций. Энергетическим следствием данных программ выступает ожидаемый рост спроса на электроэнергию – особенно в контексте развертывания энергоемких производств полупроводников, батарей и электромобилей, а также расширения дата-центров, обслуживающих искусственный интеллект. Прогнозируется, что спрос на электроэнергию в США может вырасти на 15–20% к 2035 году по сравнению с текущими уровнями – впервые за последние два десятилетия. Подобный рост создает напряжение для энергосистемы и стимулирует инвестиции как в возобновляемую генерацию, так и в газовые электростанции и атомную энергетику.

Европейский союз реализует стратегию реиндустриализации в контексте «Зеленого курса» (European Green Deal), предполагающего достижение климатической нейтральности к 2050 году. Энергетическое измерение европейской реиндустриализации характеризуется масштабным развертыванием возобновляемой генерации, электрификацией промышленности и транспорта, а также развитием водородной экономики. Параллельно энергетический кризис 2022 года, спровоцированный сокращением российских поставок газа, стимулировал диверсификацию источников энергоснабжения - в частности, резкое увеличение импорта СПГ из США, Катара и других производителей. Зависимость от импортных энергоносителей создает структурные ограничения для реиндустриализации и повышает стратегическое значение энергоэффективности и локальных источников генерации.

Китай, как отмечалось выше, сочетает реиндустриализацию с масштабными инвестициями в энергетическую инфраструктуру. Энергоемкие отрасли - сталелитейная, цементная, химическая промышленность - сохраняют значительную долю в структуре экономики, однако параллельно быстро развиваются высокотехнологичные производства - полупроводники, электроника, новые материалы. Энергопотребление промышленности Китая составляет около 70% совокупного, что определяет критическую важность обеспечения стабильных и относительно дешевых поставок энергии. Государственная политика ориентирована на повышение энергоэффективности и снижение энергоемкости ВВП - в 2021–2025 годах планируется сократить энергопотребление на единицу ВВП на 16%. Впрочем, абсолютный рост энергопотребления продолжается, что делает Китай ключевым драйвером глобального спроса на энергоносители.

Ближний Восток демонстрирует собственную специфику реиндустриализации, связанную со стремлением нефтедобывающих государств диверсифицировать экономику и создать несырьевые секторы. Саудовская Аравия в рамках «Видения 2030» (Saudi Vision 2030) масштабно инвестирует в развитие обрабатывающей промышленности, включая нефтехимию, алюминиевую промышленность, производство возобновляемых технологий. ОАЭ реализуют аналогичные программы, создавая промышленные кластеры в свободных экономических зонах и привлекая иностранные инвестиции - в том числе китайские. Энергетической основой индустриализации выступают дешевые углеводороды и развивающаяся возобновляемая генерация. Парадоксально, но реиндустриализация нефтедобывающих стран Персидского залива может способствовать росту внутреннего энергопотребления и сокращению экспортных объемов углеводородов - особенно газа, активно используемого в промышленности и энергетике.

Глобальные процессы реиндустриализации оказывают противоречивое воздействие на мировые энергетические рынки. С одной стороны, рост промышленного производства в развитых экономиках может увеличить спрос на энергоносители и повысить цены. С другой стороны, акцент на энергоэффективность, электрификацию и локализацию производства возобновляемых технологий способен снизить импорт ископаемого топлива и изменить географию энергетических потоков. Для экспортеров углеводородов - включая государства Ближнего Востока - данные тренды создают стратегическую неопределенность относительно долгосрочного спроса на их основной экспортный товар.

5. **Геополитика энергетических коридоров: конкуренция и взаимозависимость**

Формирование новых энергетических коридоров выступает важнейшим измерением трансформации глобальной энергетической архитектуры. Энергетические коридоры – трубопроводные системы, маршруты СПГ-танкеров, транспортно-логистические цепочки поставок угля и нефтепродуктов - определяют не только экономическую эффективность энергоснабжения, но и геополитические балансы влияния. В условиях обострения международной конфронтации контроль над энергетическими коридорами и диверсификация маршрутов поставок приобретают стратегическое значение.

Китай последовательно реализует стратегию диверсификации энергетических коридоров с целью снижения зависимости от морских маршрутов, потенциально уязвимых для блокирования в случае конфликта. Ключевым проектом выступает газопровод «Сила Сибири», введенный в эксплуатацию в 2019 году и обеспечивающий поставки российского газа с Восточной Сибири и Дальнего Востока объемом до 38 млрд м³ в год. Обсуждается строительство газопровода «Сила Сибири - 2» через Монголию мощностью до 50 млрд м³ в год, а также альтернативный

маршрут через Восточный Казахстан мощностью 35–45 млрд м³ в год. Реализация данных проектов позволила бы существенно нарастить импорт трубопроводного газа из России, снизив долю СПГ, доставляемого морем из Катара, Австралии и США.

Параллельно рассматриваются проекты энергетических коридоров, связывающих Ближний Восток с Южной и Центральной Азией. Обсуждается возможность строительства газопровода из России в Иран через Азербайджан с потенциальным объемом до 55 млрд м³ в год. Подобный проект интегрировал бы Иран в евразийские газовые потоки и создал бы альтернативные маршруты поставок на рынки Южной Азии. Впрочем, реализация сталкивается с серьезными препятствиями - санкционными рисками, политической нестабильностью в регионе, сложностями согласования интересов транзитных государств. Альтернативным проектом выступает газопровод ТАПИ (Туркменистан - Афганистан - Пакистан - Индия), обсуждаемый на протяжении двух десятилетий, но так и не реализованный из-за ситуации в Афганистане.

Морские маршруты поставок энергоносителей остаются критически важными для глобальной энергобезопасности. Ормузский пролив, через который проходит около 21% мировой торговли нефтью, и Баб-эль-Мандебский пролив, соединяющий Красное море с Индийским океаном, представляют собой узкие места (chokepoints), потенциальная блокировка которых способна дестабилизировать мировые рынки. Нестабильность в Йемене и риски эскалации конфликтов в регионе Персидского залива повышают уязвимость данных маршрутов. Для Китая, импортирующего значительную часть нефти морем через Ормузский пролив и Малаккский пролив, данная зависимость создает стратегическую «дилемму Малакки» и стимулирует поиск альтернативных решений - включая развитие трубопроводной инфраструктуры и создание стратегических нефтяных резервов.

Европейский союз в ответ на сокращение российских поставок газа после 2022 года масштабно диверсифицировал импорт СПГ. Были введены в эксплуатацию новые регазификационные терминалы в Германии, Нидерландах, Польше, существенно выросли поставки из США, Катара, Алжира. Параллельно развиваются трубопроводные маршруты из Азербайджана через Южный газовый коридор (Южно-Кавказский газопровод - Трансанатолийский газопровод - Трансадриатический газопровод) мощностью до 20 млрд м³ в год. Диверсификация источников и маршрутов снизила зависимость ЕС от единственного поставщика, однако сопровождалась ростом стоимости импортируемого газа и структурными изменениями в энергобалансе - увеличением доли СПГ при сокращении трубопроводных поставок.

Формирование энергетических коридоров сопровождается конкуренцией между крупными державами за влияние на страны-транзитеры и потребителей. Соединенные Штаты активно продвигают экспорт американского СПГ как инструмент энергетической дипломатии, позиционируя его в качестве альтернативы российскому и ближневосточному газу. Россия стремится сохранить позиции на европейском рынке и нарастить экспорт в Азию, реализуя масштабные трубопроводные проекты. Китай выстраивает сеть энергетических связей в рамках инициативы «Один пояс, один путь», интегрируя энергетическую инфраструктуру с транспортно-логистическими коридорами. Государства Ближнего Востока лавируют между конкурирующими центрами влияния, стремясь максимизировать экономические выгоды и сохранить стратегическую автономию.

6. **Противоречия декарбонизации и реальность углеводородных рынков**

Глобальная повестка декарбонизации, закрепленная Парижским соглашением 2015 года и усиленная политическими декларациями последних лет, вступает в противоречие с реальной динамикой производства и потребления ископаемого топлива. Несмотря на рекордные инвестиции в возобновляемую энергетику и электротранспорт, глобальное потребление нефти, газа и угля в 2024 году достигло исторических максимумов. Данный парадокс отражает сложность энергетического перехода в условиях растущего населения планеты, индустриализации развивающихся экономик и ограниченных возможностей возобновляемых технологий заместить ископаемое топливо в ряде секторов – авиации, морском транспорте, тяжелой промышленности.

Угольная генерация, несмотря на декларируемые планы отказа, демонстрирует устойчивость. Китай в 2024 году ввел в эксплуатацию новые угольные электростанции суммарной мощностью около 70 ГВт, мотивируя это необходимостью обеспечения энергобезопасности и балансирования растущей доли нестабильной возобновляемой генерации. Индия аналогично наращивает угольную генерацию, рассматривая уголь как базовый источник электроэнергии для поддержки экономического роста. В результате глобальное потребление угля остается на уровне около 8 млрд тонн в год, и ожидаемое снижение откладывается на вторую половину 2020-х годов.

Нефтяные рынки характеризуются избыточным предложением и ценовым давлением. В 2025 году спрос на нефть оценивается на уровне 102-103 млн баррелей в сутки, тогда как производственные мощности превышают 110 млн баррелей в сутки. Основными факторами избытка выступают наращивание добычи в США (за счет сланцевой нефти), Бразилии, Гайане, а также возвращение на рынок иранской и венесуэльской нефти, частично обходящей санкционные ограничения. Страны ОПЕК+, включая Саудовскую Аравию и Россию, вынуждены ограничивать добычу с целью поддержания цен, однако дисциплина в картеле периодически нарушается. Низкие цены на нефть создают финансовое давление на экспортеров, зависимых от нефтяных доходов для финансирования государственных бюджетов, но одновременно снижают стимулы для энергетического перехода в странах-потребителях.

Газовые рынки сталкиваются с перспективой структурного избытка СПГ. К 2030 году планируется ввод в эксплуатацию новых мощностей по сжижению газа объемом до 300 млрд м³ в год, преимущественно в США и Катаре. Прогнозируемый рост спроса, особенно в Азии, может оказаться недостаточным для полного поглощения новых объемов, что грозит снижением цен и избыточными мощностями. Для производителей данная ситуация создает риски недополучения доходов и пересмотра инвестиционных планов. Для потребителей - возможность доступа к более дешевому газу, что может стимулировать замещение угля газом в электрогенерации, снижая выбросы углерода, но одновременно замедляя развертывание возобновляемой энергетики.

Противоречие между декарбонизационной риторикой и реальностью углеводородных рынков особенно выражено в государствах Ближнего Востока. Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар публично поддерживают климатические инициативы - ОАЭ председательствовали на COP28 в 2023 году, где была достигнута договоренность о «переходе от ископаемого топлива» (transition away from fossil fuels) (табл. 3–4). Параллельно те же государства масштабно наращивают инвестиции в разведку и добычу нефти и газа, планируя увеличение производственных мощностей на десятилетия вперед. Данная дихотомия отражает прагматичную логику: монетизация углеводородных активов в период сохраняющегося спроса позволяет финансировать диверсификацию экономики и создание заделов в низкоуглеродных технологиях – возобновляемой энергетике, водороде, улавливании углерода. Вопрос заключается в том, насколько устойчивым окажется спрос на ископаемое топливо и успеют ли производители реализовать свои запасы до наступления структурного пика потребления.

Таблица 3
Структура энергопотребления в Китае, ОАЭ и Иране (2024 год, %)

Энергоноситель	Китай	ОАЭ	Иран
Нефть	18	35	34
Природный газ	9	48	55
Уголь	55	–	1
Атомная энергия	2	12	–
ВИЭ	16	5	10

Таблица 3
Крупнейшие проекты китайских нефтегазовых компаний на Ближнем Востоке (2024–2025 годы)

Проект	Страна	Компания	Тип участия	Мощность/объем
Месторождение Румайла	Ирак	CNPC (PetroChina)	Оператор, 46,37%	1,5 млн барр./сут.
Месторождение Западная Курна-1	Ирак	CNPC (PetroChina)	Партнер, 32,7%	0,5 млн барр./сут.
Газопереработка Халфайя	Ирак	CNPC	EPC-контракт	300 млн куб. м/год
Солнечный парк Аль-Ажбан	ОАЭ	Arctech, Jinko Solar	Поставка оборудования	1,5 ГВт
BESS Абу-Даби	ОАЭ	CATL, PowerChina, BYD	EPC и поставка технологий	19 ГВт·ч
Месторождение Северный Азадеган	Иран	CNPC	Разработка, 75%	0,15 млн барр./сут.
Месторождение Ядаваран	Иран	Sinopec	Разработка, 85%	0,1 млн барр./сут.
Нефтехимический комплекс Янбу	Саудовская Аравия	Sinopec, SABIC	Совместное предприятие	1,2 млн т/год этилена
Солнечные трекеры для проектов ВИЭ	Саудовская Аравия	Arctech, Trina Solar	Поставка оборудования	4,2 ГВт

Заключение

Анализ энергетической политики Китая и стран Ближнего Востока выявляет полицентричность глобальной энергетики с доминированием

государственных акторов и разрывом между декарбонизационной риторикой и ростом ископаемого топлива. Китай трансформировался из импортера в глобального игрока, определяющего технологии и энергетическую дипломатию через «Один пояс, один путь» и госкорпорации. Иран под санкциями адаптируется за счет экспорта в Китай, нефтехимии и потенциальных газовых коридоров. ОАЭ сочетают монетизацию углеводородов с инвестициями в ВИЭ, атомную энергию и водород, стремясь к статусу технологического хаба. Реиндустриализация усиливает спрос на энергию, трансформируя потоки через новые коридоры для стратегической автономии. Главное противоречие - сосуществование климатических обязательств с ростом добычи нефти, газа и угля, что замедляет переход и оставляет открытым вопрос конвергенции риторики и реальности.

Литература

1. Жуков С.В., Резникова О.Б. Энергетические измерения международных отношений и безопасности в Восточной Азии / Под ред. А.В. Торкунова. – М.: МГИМО, 2019. – 312 с.
2. BP Statistical Review of World Energy 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html (дата обращения: 10.02.2026).
3. Телегина Е.А., Халова Г.О., Иллерицкий Н.И. Трансформация энергетических рынков в условиях геополитической турбулентности // Вестник МГИМО-Университета. – 2024. – № 3. – С. 89–112.
4. Фан Тинтин. Энергетическая политика Китая на современном этапе: монография. – М.: МАКС Пресс, 2023. – 224 с.
5. Поштич М. Сравнительный анализ энергетической стратегии КНР в отношении стран Центральной Азии // Сравнительная политика. – 2023. – № 3. – С. 85–103.
6. Нечаева Е.В. Внешняя энергетическая стратегия Китая: возможности и риски для России // Вестник Московского университета. Серия 25. Международные отношения и мировая политика. – 2024. – № 1. – С. 78–94.
7. Захаров А.Н., Русак Н.А. Стратегия энергетической безопасности КНР – внешнеторговый аспект // Российский внешнеэкономический вестник. – 2024. – № 11. – С. 32–45.
8. Баскаков И.Д., Крылов Д.С. Энергетическая дипломатия Ирана в нефтегазовой отрасли в субрегионе Персидского залива // Геоэкономика энергетики. – 2023. – № 2. – С. 40–59.
9. Кудрин Г.М. Нефтегазовый комплекс Ирана: состояние и инвестиционная привлекательность // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2024. – № 5. – С. 127–139.
10. Халова Г.О., Иллерицкий Н.И. Обзор современного состояния нефтяной и нефтехимической отраслей промышленности Ирана // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 9. – С. 56–63.
11. Мостаджеран Гортани М., Габдуллин Р.Р., Роженко А.С. Исламская Республика Иран в контексте эффективного осуществления энергетической дипломатии // Россия и современный мир. – 2023. – № 3. – С. 140–158.
12. Фарид Я. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса Ирана // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 8. – С. 74–81.

An analysis of global energy policy based on trends in China and the Middle East

Kolenkova A.I., Kharlanov A.S.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The global energy architecture is undergoing a systemic transformation under the influence of geopolitical shifts, technological innovations, and structural changes in the global economy. This article analyzes key trends in the energy policies of China and the Middle East—with a focus on Iran and the United Arab Emirates—in the context of reindustrialization processes and the formation of new energy corridors. The study is based on an analysis of strategic documents, data on the structure of energy consumption, and investment flows for the period 2022–2026. It reveals that China's energy diplomacy in the Persian Gulf region is comprehensive, combining energy security with the promotion of technological standards and infrastructure projects. Particular attention is paid to the contradictions between the declared goals of decarbonization and the actual increase in hydrocarbon production, as well as the impact of sanctions on the configuration of energy markets. The study's results demonstrate the emergence of alternative centers of influence in the global energy sector and a transition from a unipolar to a polycentric model of energy resource management.

Keywords: energy security, energy diplomacy, China, Middle East, Iran, UAE, reindustrialization, hydrocarbons, renewable energy.

References

1. Zhukov S.V., Reznikova O.B. Energy dimensions of international relations and security in East Asia / Edited by A.V. Torkunov, Moscow: MGIMO, 2019– 312 p.
2. BP Statistical Review of World Energy 2024. [Electronic resource]. – URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html (accessed: 02/10/2026).
3. Telegina E.A., Khalova G.O., Illeritsky N.I. Transformation of energy markets in the context of geopolitical turbulence // Bulletin of MGIMO University. – 2024. – No. 3. – pp. 89-112.
4. Fan Tingting. China's energy policy at the present stage: a monograph. Moscow: MAKS Press, 2023. 224 p.
5. Poshtich M. Comparative analysis of the PRC's energy strategy in relation to the countries of Central Asia // Comparative Politics. – 2023. – No. 3. – pp. 85-103.
6. Nechaeva E.V. China's external energy strategy: opportunities and risks for Russia // Bulletin of the Moscow University. Episode 25. International relations and world politics. – 2024. – No. 1. – pp. 78-94.
7. Zakharov A.N., Rusak N.A. China's Energy Security strategy – foreign trade aspect // Russian Foreign Economic Bulletin, 2024, No. 11, pp. 32-45.
8. Baskakov I.D., Krylov D.S. Iran's energy diplomacy in the oil and gas industry in the Persian Gulf subregion // Geoeconomics of energy. – 2023. – No. 2. – pp. 40-59.
9. Kudrin G.M. Oil and gas complex of Iran: state and investment attractiveness // Skif. Questions of student science. – 2024. – No. 5. – pp. 127-139.
10. Khalova G.O., Illeritsky N.I. Review of the current state of the oil and petrochemical industries of Iran // Innovations and investments. – 2023. – No. 9. – pp. 56-63.
11. Mostajeran Gortani M., Gabdullin R.R., Rozhenko A.S. The Islamic Republic of Iran in the context of effective implementation of energy diplomacy // Russia and the modern world. – 2023. – No. 3. – pp. 140-158.
12. Farid Ya. Prospects for the development of Iran's fuel and energy complex // Innovations and Investments. - 2023. – No. 8. – pp. 74-81.

Модели адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации

Попадько Наталия Владимировна
к.т.н., доцент кафедры стратегического управления ТЭК, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», popadko.n@gubkin.ru,

Бибихин Александр Дмитриевич
студент, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», bibikhin2004@gmail.com

В статье рассмотрены модели адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации в условиях трансформации мировой энергетики, усиления климатического регулирования и изменения международной конкуренции. Показано, что национальные стратегии адаптации не могут оцениваться только по уровню климатических амбиций, доле возобновляемых источников энергии или наличию инструментов углеродного регулирования. Более значимым критерием выступает способность страны согласовать процесс декарбонизации с экономическим развитием, энергетической безопасностью, промышленной конкурентоспособностью и бюджетной устойчивостью. На основе сравнительного анализа Германии, Норвегии, Китая и России выделены четыре модели адаптации к энергопереходу. Установлено, что экономическая эффективность адаптации отличается для стран с различной структурой экономики и должна учитывать способность снижать национальные углеродные и регуляторные риски без разрушения базовых источников устойчивости.

Ключевые слова: энергопереход, декарбонизация, модели адаптации, национальная экономика, энергетическая безопасность, климатическая политика, эффективность, конкурентные преимущества, устойчивость.

Влияние современного энергоперехода проявляется не только в изменении структуры производства и потребления энергии, но и в перестройке инвестиционных потоков, технологических приоритетов, внешнеэкономических связей и механизмов государственного регулирования [1-4]. Декарбонизация всё чаще рассматривается не как самостоятельная экологическая задача, а как часть процесса изменения условий рыночной конкуренции, в котором значение приобретают устойчивость энергетической инфраструктуры, доступ к низкоуглеродным технологиям, углеродоемкость продукции и способность государств адаптировать экономическую политику к новым климатическим ограничениям.

Мировой энергопереход развивается неравномерно и не приводит к формированию единой универсальной модели адаптации. Одни страны рассматривают декарбонизацию как инструмент промышленной модернизации и технологического обновления, другие используют её как способ подготовки ресурсной экономики к изменению спроса на международных рынках в средне- и долгосрочной перспективе. В ряде случаев энергопереход становится частью государственной промышленной стратегии, направленной на расширение новых производственных цепочек, в других вариантах он приобретает преимущественно защитный характер и используется для снижения внешних регуляторных рисков без глубокой перестройки действующей экономической модели. Отмеченная неоднородность показывает, что национальные стратегии адаптации некорректно оценивать только по уровню заявленных климатических амбиций, доле возобновляемых источников энергии или наличию инструментов углеродного регулирования. Перечисленные показатели не раскрывают, насколько декарбонизация согласована с реальной структурой экономики, энергетической безопасностью, бюджетной устойчивостью, промышленной конкурентоспособностью и экспортной специализацией страны. В результате аналогичные климатические цели могут иметь различное экономическое содержание и приводить к разнонаправленным последствиям для национального развития. Цель исследования заключалась в выявлении и оценке основных моделей адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации на основе сравнительного анализа стран с различной структурой экономики.

Модели адаптации

В рамках проведённого анализа Германия, Норвегия, Китай и Россия выступили не столько страновыми примерами, сколько репрезентативными моделями, отражающими разные варианты включения энергоперехода в национальную стратегию развития. На основе сравнительного анализа были выделены четыре модели адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации (Таблица 1):

- институционально-индустриальная;
- проактивная ресурсная;
- индустриально-государственная;
- защитно-селективная.

Институционально-индустриальная модель, представленная Германией, сформировалась в условиях развитой промышленной экономики и жёсткой климатической рамки Европейского союза [5], где энергопереход связан с трансформацией промышленной и энергетической базы. Германия обладает значительной обрабатывающей промышленностью и глубоко включена в европейские производственные цепочки, поэтому декарбонизация напрямую затронула стоимость энергии, инвестиционные решения бизнеса и конкурентоспособность энергоёмких отраслей.

Сильной стороной немецкой модели является высокая институциональная поддержка энергоперехода. Климатические цели, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), модернизация сетей, водородные проекты и поддержка промышленной декарбонизации встроены в долгосрочную политику государства. В электроэнергетике этот переход уже дал заметный результат, поскольку в 2024 году на ВИЭ приходилось более половины национальной генерации. Однако дальнейшее продвижение модели ограничивается высокими энергетическими издержками, нагрузкой на промышленность, сетевыми ограничениями и потребностью в системной гибкости.

Поэтому технологическая и экономическая эффективность немецкой модели будет определяться не только ростом низкоуглеродной генерации, но и способностью сохранить промышленную конкурентоспособность при выполнении климатических обязательств.

Таблица 1
Модели адаптации национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации

Критерий	Германия	Норвегия	Китай	Россия
Тип модели	Институционально-индустриальная	Проактивная ресурсная	Индустриально-государственная	Защитно-селективная
Экономическая основа	Диверсифицированная индустриальная экономика	Ресурсная экономика с сильными институтами и нефтегазовой рентой	Крупная индустриальная экономика с активной ролью государства	Ресурсная экономика с высокой ролью ТЭК в экспорте и бюджете
Функция энергоперехода	Модернизация промышленной и энергетической базы в рамках климатической политики ЕС	Подготовка ресурсной экономики к долгосрочной низкоуглеродной трансформации	Формирование новых промышленных и технологических преимуществ	Снижение внешних регуляторных рисков при сохранении ресурсной модели
Ключевой механизм адаптации	ВИЭ, ETS и ETS2 , модернизация сетей, поддержка промышленной декарбонизации	Суверенный фонд, электрификация, CCS, использование нефтегазовых компетенций	Система «1+N», ВИЭ, электромобили, системы хранения энергии, ETS	Углеродный учёт, климатические проекты, атомная и гидроэнергетика, переориентация экспорта
Основное ограничение	Высокие энергетические издержки и нагрузка на промышленную конкурентоспособность	Сохраняющаяся зависимость от нефтегазового экспорта	Высокая роль угля и энергоёмкого производства	Ограниченная структурная модернизация и слабая роль новых ВИЭ

Источник: составлено на основе результатов сравнительного анализа страновых кейсов

Для Германии ключевым испытанием становится способность провести декарбонизацию без ослабления промышленного ядра экономики. Глубина перехода делает более заметными его экономические издержки. Рост требований к сетевой инфраструктуре, высокая стоимость энергии и необходимость крупных инвестиций усиливают давление на энергоёмкие отрасли. В этих условиях результативность немецкой модели определяется тем, удастся ли превратить энергопереход в фактор промышленного обновления, а не в источник потери конкурентных преимуществ.

Проактивная ресурсная модель, представленная Норвегией, основана на использовании ресурсной базы как инструмента долгосрочной трансформации. В отличие от стран, где сырьевая зависимость преимущественно усиливает инерцию, Норвегия сочетает нефтегазовые доходы, сильные институты, суверенный фонд и практически безуглеродную электроэнергетику. В 2024 году около 90% норвежской электрогенерации обеспечивала гидроэнергетика, что создаёт благоприятные условия для электрификации транспорта, промышленности и отдельных объектов нефтегазовой инфраструктуры [13].

Ключевая особенность этой модели состоит в том, что углеводородная рента используется не только для поддержания текущей устойчивости, но и для подготовки экономики к будущему снижению роли ископаемого топлива. Этому же направлению соответствуют проекты улавливания и хранения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS), в которых применяются компетенции нефтегазового сектора. Вместе с тем внутренняя декарбонизация не устраняет зависимости Норвегии от нефтегазового экспорта. Поэтому экономическая эффективность проактивной ресурсной модели проявляется в способности превращать ресурсные доходы и накопленные технологические компетенции в финансовую и инфраструктурную базу энергоперехода.

Устойчивость норвежской модели обеспечивается не отказом от нефтегазового сектора в краткосрочной перспективе, а управляемым использованием доходов и компетенций, сформированных в ресурсной экономике. Углеводородная рента не только поддерживает текущую бюджетную стабильность, но и может выполнять трансформационную функцию. Ограничение сохраняется в том, что внешнеэкономическая устойчивость страны всё ещё связана с нефтегазовым экспортом, поэтому долгосрочный эффект модели зависит от последовательности перераспределения ресурсных доходов в новые направления развития.

Индустриально-государственная модель, представленная Китаем, отражает вариант адаптации, при котором энергопереход используется как инструмент промышленного усиления. Китай сохраняет позиции производственного лидера, промышленный и строительный сектора суммарно обеспечили 35,6% ВВП в 2025 году [9]. Климатические решения в КНР тесно связаны с задачами индустриального роста, энергетической безопасности и технологического лидерства. Системообразующую роль в энергетическом снабжении страны продолжает выполнять уголь, несмотря на то, что его доля в общем энергоснабжении снизилась с 68% в 2015 году до 58% в 2024 году.

Ключевой механизм китайской адаптации связан с активной ролью государства, стратегическим планированием и масштабированием новых отраслей. Система «1+N» задаёт общий контур движения к пику выбросов и углеродной нейтральности, а развитие ВИЭ, электромобилей и систем хранения энергии формирует новый промышленный контур. В 2024 году почти половина проданных автомобилей в Китае были электрическими, кроме того, Китай обеспечил две трети мировых продаж электромобилей [7]. Это показывает, что энергопереход в китайской модели становится способом закрепления конкурентных позиций в глобальных цепочках чистых технологий. Китайская модель сохраняет внутреннюю двойственность: быстрый рост новых низкоуглеродных отраслей происходит на фоне высокой роли угля и энергоёмкого производства, поэтому технологическое лидерство Китая в отдельных сегментах энергоперехода не означает изменения углеродоёмкой основы его энергетической системы.

Защитно-селективная модель, представленная Россией, формируется в условиях высокой роли топливно-энергетического комплекса во внутренней энергетической системе, экспорте и бюджете. В 2024 году доля топливно-энергетических товаров в российском экспорте сохранялась на уровне 61,5%, а нефтегазовые доходы федерального бюджета достигли 11,1 трлн руб. [11; 15]. В данной модели энергопереход воспринимается прежде всего как фактор внешних регуляторных, технологических и рыночных рисков. Поэтому адаптация направлена на сохранение энергетической, экспортной и бюджетной устойчивости при постепенном формировании отдельных элементов климатической инфраструктуры.

Российская модель адаптации акцентируется на использование атомной и гидроэнергетической базы, развитие углеродного регулирования (которое находится на начальном уровне развития), а также переориентацию внешнеторговых потоков. В электроэнергетике уже существует значимый низкоуглеродный контур за счёт атомной и гидрогенерации, однако общий энергобаланс остаётся преимущественно углеводородным, а вклад новых ВИЭ пока не оказывает существенного влияния на структуру энергоснабжения [2]. Российский вариант позволяет смягчать внешнее давление и поддерживать бюджетную, экспортную и энергетическую устойчивость, но в меньшей степени создаёт условия для глубокой технологической модернизации и диверсификации.

Результаты исследования показывают, что особенности процесса декарбонизации зависят от специфики национальной экономики. Для индустриальных стран она связана прежде всего с модернизацией производственной базы, для ресурсных экономик — с использованием или защитой углеводородной ренты, для индустриально-государственных систем — с технологическим масштабированием и укреплением новых производственных цепочек. Поэтому различия между моделями определяются тем, какую функцию энергопереход выполняет в национальной стратегии развития.

Эффективность адаптации к энергопереходу не может быть сведена к одному универсальному показателю. Высокая доля низкоуглеродной генерации может быть результатом новой технологической перестройки, а может опираться на ранее созданные атомные или гидроэнергетические мощности. Углеродное регулирование также выполняет неоднородную функцию: в одних случаях оно становится механизмом структурной модернизации, в других - инструментом реагирования на внешние требования [12]. В рамках данного исследования эффективность рассматривается как способность национальной модели снижать углеродные и регуляторные риски, сохраняя при этом промышленную, бюджетную, экспортную и энергетическую устойчивость. Такой подход позволяет оценивать адаптацию не только по климатическим результатам, но и по тому, насколько энергопереход согласован с долгосрочными стратегиями развития стран.

Системные последствия энергоперехода для мировой экономики

Выделенные модели адаптации показывают, что энергопереход влияет не только на внутренние стратегии отдельных государств, но и на структуру глобальной конкуренции. Его системное значение состоит в перераспределении экономических преимуществ между странами, которые по-разному включены в энергетические, сырьевые и технологические цепочки. В этих условиях меняется не только структура спроса на отдельные виды энергии, но и само понимание ресурсной, промышленной и инфраструктурной устойчивости.

Одним из наиболее заметных проявлений этой трансформации становится изменение направлений движения глобального капитала [8]. Инвестиции всё активнее смещаются в сторону чистой энергетики, электри-

фикации, сетевой инфраструктуры, накопителей и низкоуглеродных технологий. При этом углеводородный сектор сохраняет свое значение, но постепенно утрачивает положение единственного центра энергетического роста. Для анализа моделей адаптации изменение соотношения между вложениями в чистую энергетику и ископаемое топливо имеет принципиальное значение, поскольку инвестиционный сдвиг формирует новые источники конкурентоспособности. Страны, способные привлекать капитал в низкоуглеродные технологии, инфраструктуру и промышленную модернизацию, получают дополнительные возможности для структурного обновления. Напротив, экономики, сохраняющие зависимость от традиционного энергетического сектора без параллельного развития новых направлений энергетики, становятся более чувствительными к изменению инвестиционных приоритетов и регуляторных условий.

Энергопереход не приводит к одномоментному вытеснению углеводородов на энергетических рынках. Для ряда стран традиционные энергоресурсы остаются основой экспортных и бюджетных поступлений, для других они выступают переходным финансовым ресурсом, позволяющим инвестировать в новые направления развития, тогда как для индустриальных экономик высокая зависимость от ископаемого топлива всё чаще воспринимается как фактор ценовой и регуляторной уязвимости. Поэтому системный эффект энергоперехода заключается не в отказе от традиционной энергетики, а в изменении её функции в национальных моделях развития.

Также стоит отметить рост роли электроэнергетики как центрального сектора низкоуглеродной трансформации. Расширение ВИЭ, электрификация транспорта, промышленности и коммунального сектора усиливают значение электрического контура экономики. Однако рост возобновляемой генерации сам по себе не гарантирует устойчивости энергосистемы, чем выше доля переменных источников, тем важнее становятся сети, накопители, резервные мощности, межсистемные связи и механизмы управления спросом.

Как видно на рисунке 1 расширение возобновляемой энергетики происходит неравномерно по технологическим направлениям, что повышает значение инфраструктурного фактора.

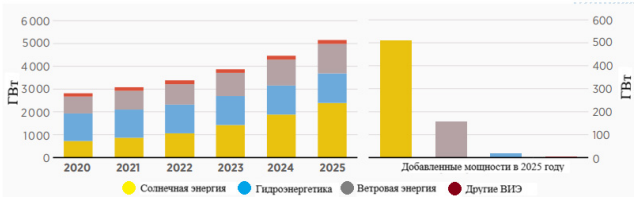


Рисунок 1 - Динамика установленной мощности возобновляемой энергетики по источникам, 2020–2025 гг.
Источник: [10]

Рост установленной мощности сам по себе не гарантирует устойчивости энергосистемы, для национальных моделей адаптации это означает необходимость синхронизировать развитие генерации с модернизацией сетей, накопителей, резервных мощностей и механизмов управления спросом. Поэтому энергетическая безопасность в условиях энергоперехода всё меньше определяется доступом к топливу и всё больше зависит от способности страны обеспечить устойчивость энергетической инфраструктуры.

На сырьевых рынках энергопереход формирует новую конфигурацию зависимости. Снижение долгосрочной роли углеводородов не устраняет значение ресурсного фактора, но перенаправляет его в область критических минералов и компонентной базы. Производство аккумуляторов, электромобилей, солнечных панелей, ветроэнергетического оборудования и сетевой инфраструктуры требует устойчивого доступа к литию, никелю, кобальту, меди, графиту, редкоземельным элементам и другим материалам. Поэтому страны, которые не контролируют добычу, переработку или поставки подобных ресурсов, могут столкнуться с новыми формами внешней зависимости. Значимым становится не только наличие природных ресурсов, но и контроль над промышленными стадиями их обработки. В низкоуглеродной экономике добавленная стоимость всё чаще формируется не на уровне добычи, а в секторе переработки, производства компонентов, технологическом проектировании и стандартизации продукции. По этой причине критические минералы становятся не просто сырьевым фактором, а элементом промышленной и технологической конкуренции.

Добыча и переработка ключевых минералов для энергоперехода сосредоточена в ограниченном числе стран, что усиливает уязвимость глобальных цепочек чистых технологий за счет зависимости от центров добычи, перерабатывающих мощностей, логистики, производственных стандартов и доступа к компонентам [6].

На технологических рынках энергопереход создаёт новые центры конкуренции. Развитие чистых технологий становится не только способом снижения выбросов, но и источником промышленного роста, экспортных возможностей и технологического влияния. Наиболее заметно это проявляется в сегментах солнечной энергетики, ветроэнергетики, накопителей энергии, электромобилей, водородных решений, улавливания и хранения CO_2, цифровизации сетей и энергоэффективного оборудования. Страны, способные масштабировать производство таких технологий, получают дополнительные преимущества экономического роста. Технологическая конкуренция усиливает асимметрию между национальными моделями адаптации. Индустриально-государственные экономики могут использовать энергопереход для расширения производственного масштаба и закрепления позиций в новых цепочках стоимости. Диверсифицированные индустриальные экономики стремятся сохранить технологическое лидерство, но сталкиваются с высокой стоимостью перехода и конкуренцией со стороны стран с более низкими производственными издержками. Ресурсные экономики получают возможность использовать прежние доходы и компетенции для переходной трансформации, однако при отсутствии такой переориентации рискуют закрепиться в роли поставщиков традиционного сырья.

Особое значение в процессе развития энергоперехода приобретают углеродные стандарты и требования к углеродной отчетности. По мере развития климатического регулирования углеродоемкость продукции становится фактором доступа на внешние рынки [5, 14], что особенно важно для энергоёмких и экспортноориентированных отраслей, где конкурентоспособность начинает зависеть не только от цены, качества и логистики, но и от способности подтверждать соответствующий уровень выбросов парниковых газов в производственной цепочке. В результате климатическая политика постепенно превращается в элемент международной торговой и промышленной конкуренции.

Заключение

Проведённый анализ показал, что адаптация национальных экономик к энергопереходу и декарбонизации не формирует единой универсальной траектории. Характер адаптации определяется структурой экономики, энергетической базой, ролью государства, экспортной специализацией и институциональными возможностями страны.

Системные последствия энергоперехода проявляются в изменении структуры глобальных преимуществ: традиционные энергетические рынки сохраняют значение, но перестают быть единственным центром конкуренции, возрастает роль электроэнергетики, сетевой инфраструктуры, критических материалов, чистых технологий и углеродного регулирования. Результативность адаптации национальных экономик к энергопереходу зависит от того, насколько страна способна занять устойчивое место в новой конфигурации энергетических, сырьевых и технологических связей. Энергопереход не устраняет конкуренцию за ресурсы и рынки, а переводит её в более сложную форму, где решающее значение приобретают инфраструктура, технологии, стандарты и способность государства согласовывать климатические цели с долгосрочной экономической стратегией.

Эффективность адаптации должна оцениваться не через универсальное ранжирование стран по отдельным климатическим показателям, а через оценку соответствия выбранной стратегии исходным условиям развития. Устойчивой может считаться та модель, которая позволяет снижать углеродные и регуляторные риски, сохраняя при этом промышленный, бюджетный, энергетический и технологический потенциал.

Литература

1. Довбий И. П. Финансовые и экономические условия энергоперехода для национальной экономики / И. П. Довбий // Финансовый журнал. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 25–42.

2. Ершов Д. Н., Сигова М. В., Никитина И. А. Отражение концепции энергоперехода в стратегиях развития отраслей и регионов России / Д. Н. Ершов, М. В. Сигова, И. А. Никитина // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2023. – Т. 39, № 1. – С. 73–101.

3. Макаров И. А., Степанов И. А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России / И. А. Макаров, И. А. Степанов // Актуальные проблемы Европы. – 2018. – № 1. – С. 77–100.

4. Порфирьев Б. Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики / Б. Н. Порфирьев // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 2. – С. 3–13.

5. Carbon Border Adjustment Mechanism-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
6. Geographical distribution of refined material production-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/geographical-distribution-of-refined-material-production-for-key-energy-transition-minerals-in-the-base-case-2023-2040-2
7. Global EV Outlook 2025. Trends in electric car markets-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-electric-car-markets-2
8. Global investment in clean energy and fossil fuels, 2015–2025-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-investment-in-clean-energy-and-fossil-fuels-2015-2025
9. National Bureau of Statistics of China. Statistical Communiqué of the People's Republic of China on the 2025 National Economic and Social Development-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202602/t20260228_1962661.html
10. Renewable capacity highlights-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2026/Mar/IRENA_DAT_RE_capacity_highlights_2026.pdf
11. Russia’s Exports, imports, and trade partners-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://oec.world/en/profile/country/rus
12. State and Trends of Carbon Pricing 2026-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.worldbank.org/en/publication/state-and-trends-of-carbon-pricing
13. Statistical Review of World Energy-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads
14. World Trade Report 2022: Climate change and international trade-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr22_e/wtr22_e.pdf
15. Предварительная оценка исполнения федерального бюджета за 2025 год-[Электронный ресурс]-Режим доступа: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=40166-predvaritelnaya_otsenka_ispolneniya_federalnogo_byudzheta_za_2025_god

Models of national economies' adaptation to energy transition and decarbonization

Popadko N.V., Bibikhin A.D.
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the models of national economies' adaptation to energy transition and decarbonization in the context of global energy transformation, increased climate regulation, and changing international competition. It is argued that national adaptation strategies cannot be evaluated solely based on the level of climate ambition, the share of renewable energy sources, or the availability of carbon regulation tools. A more significant criterion is the country's ability to align the decarbonization process with economic development, energy security, industrial competitiveness, and fiscal sustainability. Based on a comparative analysis of Germany, Norway, China, and Russia, four models of adaptation to energy transition have been identified. It has been established that the economic efficiency of adaptation differs for countries with different economic structures and should take into account the ability to reduce national carbon and regulatory risks without destroying the basic sources of sustainability.

Keywords: energy transition, decarbonization, adaptation models, national economy, energy security, climate policy, efficiency, competitive advantages, and sustainability.

References

1. Dovbiy, I. P. Financial and Economic Conditions of the Energy Transition for the National Economy / I. P. Dovbiy // Financial Journal. – 2022. – Vol. 14, No. 5. – Pp. 25–42.
2. Ershov, D. N., Sigova, M. V., and Nikitina, I. A. Reflection of the Energy Transition Concept in the Development Strategies of Russian Industries and Regions / D. N. Ershov, M. V. Sigova, and I. A. Nikitina // Vestnik of Saint Petersburg University. Economics. – 2023. – Vol. 39, No. 1. – Pp. 73–101.
3. Makarov I. A., Stepanov I. A. The Paris Climate Agreement: Impact on the Global Energy Sector and Challenges for Russia / I. A. Makarov, I. A. Stepanov // Current Issues in Europe. – 2018. – No. 1. – Pp. 77–100.
4. Porfiryev, B. N. The Paradigm of Low-Carbon Development and the Strategy for Reducing the Risks of Climate Change for the Economy / B. N. Porfiryev // Problems of Forecasting. – 2019. – No. 2. – Pp. 3–13.
5. Carbon Border Adjustment Mechanism-[Electronic resource]-Access mode: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
6. Geographical distribution of refined material production [Electronic resource]-Access mode: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/geographical-distribution-of-refined-material-production-for-key-energy-transition-minerals-in-the-base-case-2023-2040-2
7. Global environmental outlook for 2025. Trends in Electric Car Markets [Electronic resource]-Access mode: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025/trends-in-electric-car-markets-2
8. Global investment in clean energy and fossil fuels, 2015-2025. [Electronic resource] Access mode: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-investment-in-clean-energy-and-fossil-fuels-2015-2025
9. National Bureau of Statistics of China. Statistical Communiqué of the People's Republic of China on National Economic and Social Development until 2025-[Electronic resource]-Access mode: https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202602/t20260228_1962661.html
10. Renewable capacity highlights-[Electronic resource]-Access mode: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2026/Mar/IRENA_DAT_RE_capacity_highlights_2026.pdf
11. Russia’s Exports, imports, and trade partners-[Electronic resource]-Access mode: https://oec.world/en/profile/country/rus
12. State and Trends of Carbon Pricing 2026-[Electronic resource]-Access mode: https://www.worldbank.org/en/publication/state-and-trends-of-carbon-pricing
13. Statistical Review of World Energy-[Electronic resource]-Access mode: https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads
14. World Trade Report 2022: Climate change and international trade [Electronic resource]-Access mode: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr22_e/wtr22_e.pdf
15. Preliminary assessment of the federal budget execution for 2025 [Electronic resource]-Access mode: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=40166-predvaritelnaya_otsenka_ispolneniya_federalnogo_byudzheta

Внедрение технологии цифровых двойников для оптимизации процессов складской логистики предприятия

Калимуллина Ольга Валерьевна
кандидат экономических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой Экономики Данных, руководитель проекта "Цифровая кафедра", Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, chemireva@mail.ru,

Кораблев Алексей Владимирович
кандидат экономических наук, генеральный директор, Концерн «R-Про», korablev.a@r-p-c.ru,

Алексеева Арина Владимировна
магистрант, факультет технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО, arina-alekseeva-0303@mail.ru,

Кораблев Максим Алексеевич
аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, генеральный директор, ООО «Р-Про Роботикс», Korablev.m@r-p-c.ru,

Никитина Виктория Валерьевна
исполнительный директор, Концерн «R-Про», litun.v@r-p-c.ru

Складская логистика формирует до 40 % совокупных производственно-логистических затрат предприятия, однако существующие решения в области интеллектуальных складов сохраняют дискретный характер функционирования, не обеспечивают требуемого уровня синхронизации ресурсов и устойчивости к возмущениям. Несмотря на рост числа публикаций, посвящённых цифровым двойникам, в академическом дискурсе сохраняется разрыв между архитектурными разработками, возможностями цифровых двойников и обоснованными практиками внедрения технологии в операционную среду. Целью настоящего исследования является разработка методики внедрения цифровых двойников для поддержки принятия решений по оптимизации процессов складской логистики и повышению их операционной эффективности. Методологическая база работы включает анализ научной литературы, а также метод имитационного моделирования в среде цифрового двойника. В результате исследования разработана архитектура цифрового двойника складских процессов для поддержки принятия решений и методика внедрения цифрового двойника, а также доказаны оптимизационные возможности технологии. Имитационное моделирование позволило определить оптимальный размер парка техники, визуализировать критические зоны коллизий на топологии склада, что создало основу для точечной реконфигурации инфраструктуры, повышения производительности и пропускной способности склада. Результаты исследования подтверждают валидность применения цифровых двойников для решения оптимизационных задач, что обеспечивает повышение адаптивности складской системы к условиям неопределённости.
Ключевые слова: цифровой двойник, складская логистика, имитационное моделирование, оптимизация процессов, роботизированные тележки (AGV), киберфизическая система, поддержка принятия решений.

Введение

Складские объекты, к числу которых относятся сырьевые хранилища, склады готовой продукции и распределительные центры, выступают в роли критических узлов современных производственных структур и выполняют функцию базовой инфраструктуры в системе управления цепями поставок. Статистические данные и исследования свидетельствуют о том, что на долю складских операций приходится от 15% до 40 % совокупных производственно-логистических расходов [1], что актуализирует проблему повышения операционной эффективности в целях минимизации издержек и наращивания качественных параметров сервиса. Таким образом, оптимизация складской логистической деятельности хозяйствующего субъекта трансформируется в императив, обеспечивающий конкурентные преимущества.

Новые информационные технологии выступают драйвером цифровой трансформации физических элементов складской инфраструктуры, включая автоматизированные транспортные средства (AGV), трудовые ресурсы и ячейки складского хранения [2]. Указанные ресурсы могут быть виртуализированы в рамках концепции интеллектуального склада (Smart Warehousehousing Objects, SWO), приобретая свойства обмена данными в реальном времени и визуальной репрезентации объектов. Вместе с тем существующие на сегодняшний день реализации SWO зачастую сохраняют дискретный характер функционирования в виртуальной среде, демонстрируя отсутствие координации поведения и единых целей [1]. Разрозненность препятствует достижению пространственно-временной синхронизации операций и снижает эффективность воздействия на складские процессы.

Складские комплексы испытывают сбои, вызванные как внутренней вариативностью, так и внешними помехами. Для преодоления подобных трудностей требуется реализация двух направлений действий. Первое подразумевает формирование слаженной операционной среды, позволяющей ликвидировать обособленность отдельных подсистем и активизировать межпроцессное взаимодействие. Второе направление предусматривает наличие у системы способности к мониторингу текущих состояний в условиях возмущений, оперативной корректировке тактических схем работы и удержанию либо восстановлению пиковых значений производительности [1].

После возмущений сценарии, как правило, сопряжены колебаниями в обеспеченности ресурсами, пересмотром приоритетных операций и трансформацией наложенных ограничений, вследствие чего статичные планы работ теряют актуальность. Управляющие контуры складской инфраструктуры должны оперативно идентифицировать отклонения от нормы, производить оценку текущей функциональности системы, реагировать и перенаправлять деятельность комплекса в оптимальное состояние вопреки воздействию неопределенных факторов среды. Для реализации данных задач активно развивается методология киберфизических систем, предполагающая формирование цифрового актива, синхронизированного с материальным объектом в режиме реального времени и поддерживающего обмен данными. Наиболее зрелой формой воплощения такого цифрового актива признается технология цифровых двойников (Digital Twin, DT) [3].

Несмотря на растущий объем публикаций, посвященных применению цифровых двойников в логистике, в академическом дискурсе сохраняется ряд нерешенных вопросов. Исследования все еще страдают от недостатка целостности, при этом большинство из них сконцентрированы на технических решениях и упускают из виду стратегические и управленческие перспективы. Более того, наблюдается разрыв между теоретическими возможностями технологии и её практическим воплощением в деятельности компаний [4].

Целью настоящего исследования является разработка методики внедрения цифровых двойников для поддержки принятия решений по оптимизации процессов складской логистики и повышению их операционной эффективности. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор научной литературы и теоретических основ применения цифровых двойников в складской логистике;

2. Разработать архитектуру цифрового двойника внутренних складских процессов;

3. Сформировать методику внедрения цифрового двойника для оптимизации процессов складской логистики предприятия;

4. Построить имитационную модель распределительного центра в среде цифрового двойника и продемонстрировать оптимизационные возможности подхода.

Литературный обзор

Под цифровым двойником (Digital Twin, DT) в широком смысле понимается виртуальное представление физического объекта, процесса или системы, которое использует потоки данных, поступающие в режиме реального времени, для поддержки мониторинга, анализа, прогнозирования и управления [5]. Концепция DT зародилась в начале 2000-х годов, когда Майкл Гривз в контексте управления жизненным циклом изделия впервые предложил идею виртуального и реального пространств [6]. Поворотным моментом стало использование термина «Digital Twin» агентством NASA в 2010 г. в контексте системного инжиниринга на основе имитационного моделирования при представлении дорожной карты космических технологий. С начала 2010-х гг. интерес к цифровым двойникам возрастал, концепция распространилась из аэрокосмической отрасли в промышленное производство, логистику и другие сферы. В условиях стремительного развития концепции «Industry 4.0» вопросы оптимизации складских процессов с применением передовых цифровых инструментов приобретают особую научную и практическую значимость [7].

В последние годы в научном сообществе наблюдается рост количества публикаций, посвященных технологии цифровых двойников применительно к логистическим процессам предприятий. Так, в работе Мд. Моновар Уддин Талукдар и соавторов [7], отмечается рост числа работ, посвящённых применению технологии цифровых двойников в управлении цепями поставок. Библиометрический анализ Галкина А. и соавторов показывает [3], что исследования цифровых двойников в логистике начали активно развиваться с 2017 г., при этом наблюдается смещение фокуса к решениям, ориентированным на устойчивость и интеграцию с методами искусственного интеллекта.

Для более детального выявления тематической структуры исследовательского поля был проведён библиометрический анализ публикаций, сфокусированных на оптимизации процессов складской логистики. Временной горизонт – период с 2018 по 2025 гг. позволил сформировать выборку из 124 научных статей. На основе массива метаданных публикаций в программной среде VOSviewer методом бинарного подсчёта совместной встречаемости терминов была построена карта ключевых слов (рис. 2).

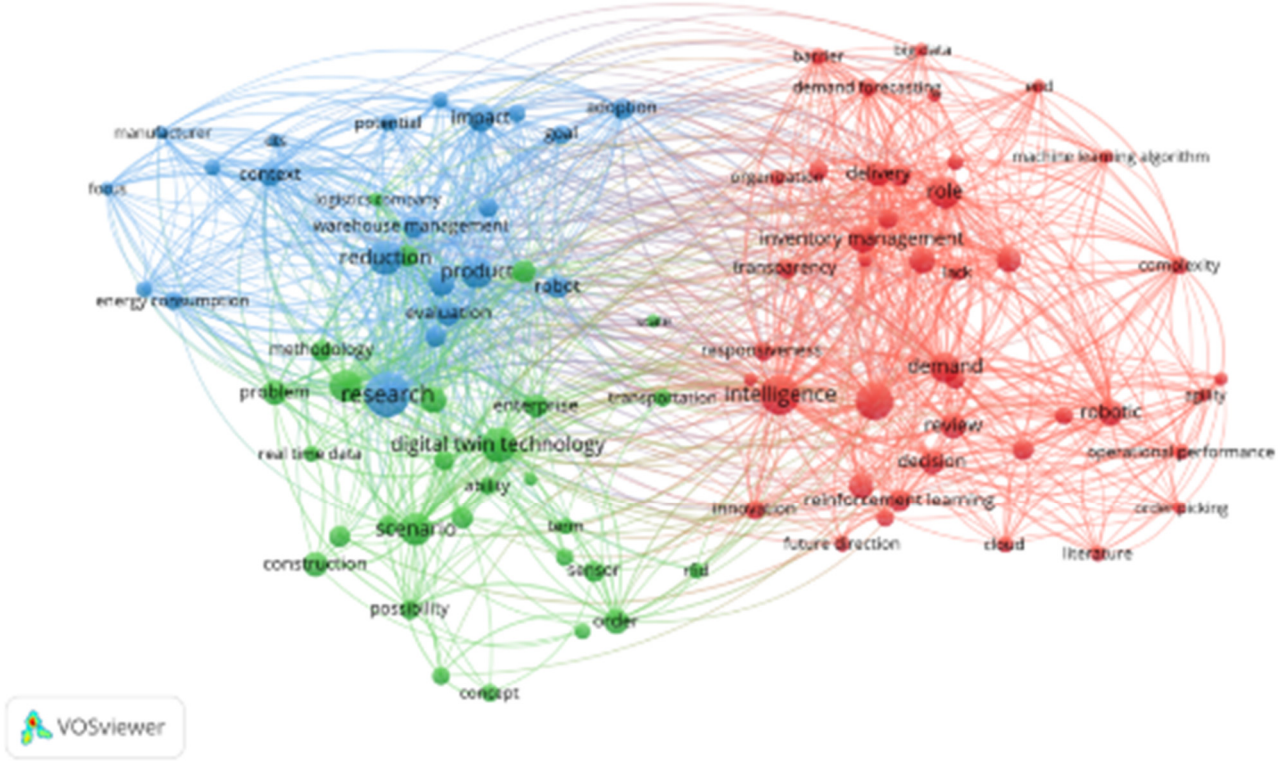


Рисунок 2. Карта совместной встречаемости ключевых слов предметной области «digital twin» AND warehouse AND optimization (2018–2025 гг.)

Таким образом, методом бинарного анализа выделено три кластера. Первый кластер (синий) объединяет понятия, связанные с прикладными эффектами и практикой внедрения цифровых двойников на предприятиях: сокращение (reduction), оценка (evaluation), внедрение (adoption), управление складом (warehouse management), цель (goal), робот (robot), потребление (consumption), влияние (impact) и другие. Второй кластер (зелёный) концентрирует методологические и технологические аспекты построения цифровых двойников: сценарий (scenario), технология цифровых двойников (digital twin technology), методология (methodology), создание (construction), датчик (sensor), возможность (possibility), данные в реальном времени (real time data). Третий кластер (красный) охватывает стратегические, обзорные и концептуальные направления: спрос (demand), прозрачность (transparency), обзор (review), роль (role), барьер (barrier), инновация (innovation), решение (decision), будущее направление (future direction), автоматизация (automation).

Имитационное моделирование, в частности дискретно-событийное моделирование (DES), является наиболее распространенным теоретическим базисом для построения цифровых двойников в складской логистике. В работе Феликса-Сигалата Х.С. и Доминго Р. демонстрируется применение параметрических имитационных моделей для оптимизации внутренних транспортных потоков на складе [8]. Авторы показывают, что комбинация имитационного моделирования с теорией сетей позволяет оценивать альтернативные варианты распределения складских площадей и определять кратчайшие пути между узлами склада. Исследование Коэльо Ф. и соавторов развивает данное направление, предлагая инструмент поддержки принятия решений на основе имитационного моделирования [9]. Авторы демонстрируют, что разработанные с использованием фреймворка Simio модели могут применяться в различных конфигурациях складских объектов.

Значительная часть исследований посвящена подходам к разработке архитектуры цифровых двойников. Согласно подходу, предложенному А. Лоу [10], корректное построение имитационной модели должно включать десять последовательных шагов: характеристика и формулировка проблемы; сбор данных; проверка допущений; программирование модели; проведение пробных запусков; валидация модели; проектирование экспериментов; проведение прогонов; анализ выходных данных; документирование. Ленг Дж. и соавторы разработали подход к совместной оптимизации упаковки и распределения мест хранения в крупномасштабных автоматизированных высотных складах на основе цифрового двойника [11]. Предложенная архитектура включает сбор данных в реальном времени с физического склада, их отображение в кибермодели и

последующую оптимизацию с обратной передачей решений в физическую систему. Геррацци Э. и соавторы применили цифровой двойник для балансировки эффективности комплектации заказов и исходящей загрузки в системе SBS/RS (Shuttle-Based Storage and Retrieval System) [12]. Авторы демонстрируют, что цифровой двойник позволяет оценивать различные стратегии комплектации и выбирать оптимальную с точки зрения внутренней эффективности склада и своевременности доставки последующим звеньям.

Одним из динамично развивающихся направлений является применение цифровых двойников для синхронизации производственных и складских процессов. Тин Цюй и соавторы предлагают подход к многогранулярной синхронизации производственно-складских систем на основе цифрового двойника в условиях пакетной обработки [13]. Разработанная авторами система управления включает механизм синхронизации и модель совместной оптимизации планирования пакетного производства и складских операций.

Проблема отсутствия общепринятых стандартов для разработки и внедрения цифровых двойников является одной из ключевых в современной научной литературе. Ризки З. У. и соавторы предлагают подход к стандартизации цифровых двойников умных складов на основе концепции управления активами (AAS) [14]. Авторы демонстрируют, что использование AAS в сочетании с 3D-имитационным моделированием позволяет создавать динамические цифровые двойники, обеспечивающие мониторинг, оптимизацию и прямое управление складскими операциями.

Проведенный литературный обзор подтверждает, что технология цифровых двойников закрепилась в качестве одного из драйверов трансформации складской логистики. Вместе с тем, можно выявить диспропорцию в исследовательском дискурсе, так как внимание научного сообщества в значительной степени сконцентрировано на архитектуре решений и демонстрации частных оптимизационных эффектов, вопросы внедрения цифровых двойников, организационных изменений и валидации в операционных средах остаются проработанными фрагментарно. Наблюдается нехватка исследований, выполненных на базе отечественного ПО, что приобретает актуальность в условиях политики импортозамещения [15].

Методы и материалы исследования

Методологическая основа исследования представлена совокупностью общенаучных и специальных методов, включающих анализ научной литературы и методику имитационного моделирования в среде цифрового двойника на базе отечественной программной платформы «Рациональное производство». Выбор платформы обусловлен её специализацией на 3D-имитационном моделировании производственной и внутрицеховой логистики, встроенному модулю «R-Про Lean Six Sigma», а также возможностью офлайн-программирования робототехники, цифровой аналитики, учёта физических ограничений оборудования и стохастической природы операций.

Результаты

Обобщение данных научной литературы приводит к концепции цифрового двойника, основанного на имитационном моделировании и предназначенного для управления складскими процессами (рис. 3) [16].

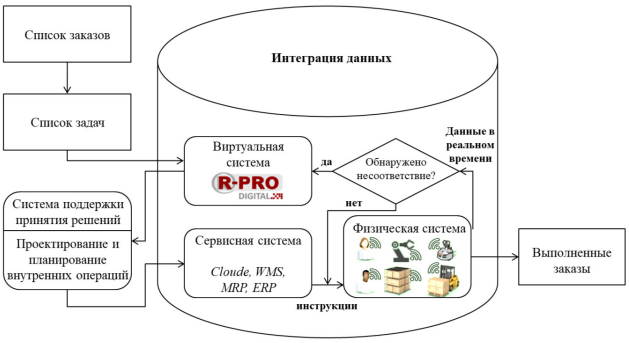


Рисунок 3. Архитектура цифрового двойника на основе симуляции для управления складскими процессами в реальном времени

Ключевой характеристикой предложенной архитектуры является поддержка принятия решений при планировании и оперативном контроле внутренней логистики. Многообразие и высокая размерность данных требуют заблаговременного планирования ресурсов, однако возникновение отклонений от плана диктует необходимость адаптации решений в реальном времени. В связи с этим, как отмечают Б. Корт и соавторы, система поддержки принятия решений на базе цифрового двойника обязана обеспечивать: получение сведений о текущем и прогнозируемом состоянии системы; обнаружение отклонений; инструменты формирования вариантов управляющих воздействий; механизмы сравнительной оценки таких вариантов [17]. Предложенная в работе архитектура отвечает перечисленным требованиям.

Для реализации виртуального уровня цифрового двойника внутренней логистической системы использована отечественная программная платформа «Рациональное производство», поддерживающая парадигму дискретно-событийного моделирования (DES). Имитационное моделирование в цифровом двойнике играет ключевую роль, так как обеспечивает возможность прогнозирования поведения реального объекта, проведения сценарного анализа и оптимизации управленческих решений без вмешательства в реальный процесс. Выбор ПО «Рациональное производство» обусловлен наличием встроенных инструментов для построения моделей складских процессов, а также политикой импортозамещения. Санкционные ограничения 2022–2025 гг. сделали важным переход на отечественные продукты. Указ Президента России № 166 от 30 марта 2022 г. «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» ставит целью снизить зависимость критически важных объектов от иностранного ПО и оборудования.

В таблице 1 представлена разработанная методика внедрения цифрового двойника для оптимизации процессов складской логистики предприятия.

Таблица 1

Методика внедрения цифрового двойника для оптимизации процессов складской логистики предприятия

№ п/п	Этап	Действия	Ожидаемый результат
1	Предпроектная диагностика и формализация требований	Анализ текущих складских процессов, идентификация «узких мест» и целевых KPI для оптимизации. Выбор пилотного участка как объекта цифровизации. Развёртывание первичного сбора данных с оборудования и интеграция с действующей WMS. Определение функциональных требований к цифровому двойнику.	Утверждённое техническое задание на создание цифрового двойника склада. Система сбора данных о перемещениях товаров, загрузке ресурсов и времени операций. Закреплённый пилотный участок. Массив исходной информации.
2	Создание цифровой модели	Конструирование цифровой модели выбранного объекта с точным воспроизведением топологии участка и характеристик оборудования, включение элементов инфраструктуры, калибровка и доработка модели.	Цифровой прототип складского процесса, готовый к стыковке с реальными производственными данными.
3	Интеграция и запуск цифрового двойника в контур управления	Приобретение аппаратного оснащения, проведение пусконаладочных операций и ввод двойника в эксплуатацию, сращивание цифровой модели с информационно-технологическим ландшафтом компании.	Интегрированный в бизнес-процессы цифровой двойник, система, функционирующая в режиме реального времени и предоставляющая рекомендации по маршрутам AG и др.
4	Сопровождение, контроль и непрерывное улучшение	Наблюдение за метриками работы двойника, корректировка модели и участка при выявлении отклонений, обновление и улучшение аналога с учётом модификаций предприятия и изменений внешней среды.	Динамически актуализируемый цифровой двойник, сохраняющий высокую релевантность на протяжении всего жизненного цикла.

Доказательство оптимизационных возможностей цифрового двойника выполнено с помощью построения имитационной модели в его среде на базе отечественного программного обеспечения «Рациональное производство» в соответствии с разработанной методикой.

В качестве объекта моделирования принят распределительный центр, функционирующий по принципу зонирования запасов в соответствии с ABC-анализом: товары группы А (постоянный спрос) располагаются на стеллажах в непосредственной близости от зоны сбора заказов, товары групп В и С (нерегулярный спрос) расположены на удаленных от зоны сбора участках складского массива. Внутрискладские перемещения осуществляются парком автоматически управляемых тележек (AGV). Параметры движения роботов-доставщиков были заданы с учетом усредненных технических характеристик промышленного оборудования: линейная скорость перемещения – 1 м/с, ускорение – 0,5 м/с^2, длительность поворота на 90 градусов – 4 секунды, время перекладывания товара оператором/манипулятором в зоне сбора – стохастическая величина в диапазоне 8-11 секунд (равномерное распределение) [15]. В качестве целевых KPI для оптимизации были определены производительность (исходная равнялась 940 шт/час), пропускная способность зоны сбора и точность прогноза потребности в технике. Процессная модель в цифровом двойнике была декомпозирована на два логических блока

(рис. 4): движение AGV от зоны хранения к зоне сбора; получение товара роботами-доставщиками в зоне сбора.

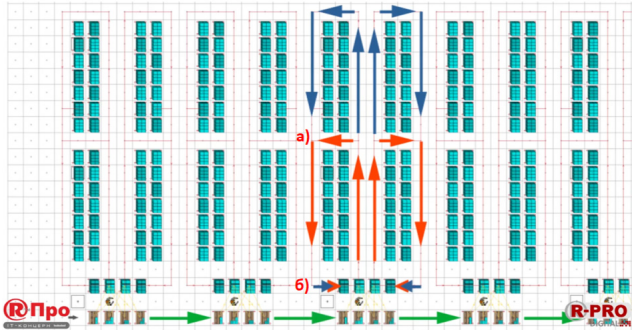


Рисунок 4. Декомпозиция процессной модели цифрового двойника склада, где а) блок движения AGV; б) блок получения товара в зоне сбора

В ходе проведения серии вычислительных экспериментов с помощью имитационного моделирования, выступающей технологической платформой цифрового двойника, были решены две ключевые производственные задачи.

Во-первых, определено оптимальное количество AGV-роботов для обеспечения бесперебойной работы склада.

Моделирование проводилось для сценариев с парком роботов в количестве N = {6,8,10} единиц при сохранении постоянной интенсивности входящего потока заказов. В результате анализа пропускной способности системы и длины очередей на обслуживание были получены результаты:

Сценарий 1 (N=6): зафиксированы постоянные перебои в обеспечении зоны сбора товаром. Длина очереди AGV перед зоной выдачи возрастает, что приводит к простою операторов на 37% рабочего времени.

Сценарий 2 (N=8): система находится в пограничном состоянии. При пиковых нагрузках возникают перебои. Коэффициент использования роботов приближается к 0.9.

Сценарий 3 (N=10): достигнуто состояние динамического равновесия. Обеспечивается стабильное снабжение зоны сбора без образования заторов.

Можно сделать вывод о том, что оптимальное количество AGV для заданной топологии и параметров спроса составляет 10 единиц.

Второй этап эксперимента был направлен на проверку гипотезы о прямой корреляции скорости перемещения роботов и производительности системы. Среда цифрового двойника позволила выявить нелинейный эффект, имеющий важное прикладное значение. При снижении линейной скорости до 0,2 м/с наблюдалось повышение производительности системы, а увеличение скорости приводило к снижению производительности. Анализ симуляции в среде ПО «Рациональное производство» показал, что фактором эффективности является синхронизация времени цикла перемещения робота с временем обслуживания в зоне сбора. При высокой скорости AGV прибывали к зоне сбора быстрее, чем оператор успевал обработать предыдущий заказ. Это создавало рост очереди роботов, ожидающих разгрузки. Напротив, снижение скорости роботов позволило минимизировать простои.

Кроме того, в ходе тестирования были визуализированы потенциальные зоны коллизий (пробок). Установлено, что каждый поворот служит потенциальным местом появления пробок. Поворот возле зоны сбора является самым нежелательным сочетанием. Данная конфигурация проезда была реконфигурирована: расширена зона манёвра и нанесена экспериментальная разметка, что позволило на 18% сократить частоту блокировок маршрутов в часы пиковых нагрузок. Комплексный результат оптимизации процессов складской логистики – повышение производительности до 1536 шт/час.

Проведенный вычислительный эксперимент подтверждает валидность применения цифровых двойников для решения оптимизационных задач на уровне логистической системы. Ключевыми эффектами оптимизации выступают: параметризация ресурсного планирования, выявление зависимостей в управлении движением AGV, идентификация инфраструктурных ограничений, синхронизация киберфизического взаимодействия, автоматическая реконфигурация при сбоях, предиктивное обслуживание оборудования.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что цифровые двойники являются эффективным инструментом поддержки принятия решений. В ходе выполнения исследования решена научно-практическая задача разработки методики внедрения цифровых двойников для оптимизации процессов складской логистики.

Проведённый библиометрический анализ предметной области показал рост научного интереса к технологиям Digital Twin в логистике, однако выявил смещение фокуса публикаций в сторону технических решений при недостаточном внимании к процедурам внедрения, управленческим аспектам и эмпирической валидации на реальных объектах. Обоснована целесообразность подходов на базе отечественных программных платформ в условиях политики импортозамещения. Разработана архитектура цифрового двойника внутренних складских процессов, интегрирующая физический уровень, виртуальную имитационную модель, уровень данных и уровень поддержки принятия решений. Сформирована методика внедрения цифрового двойника, охватывающая предпроектную диагностику, формализацию требований, создание цифровой модели, интеграцию в контур управления, улучшение.

Оптимизационные возможности подхода подтверждены вычислительными экспериментами с помощью имитационной модели распределительного центра. В ходе экспериментов обосновано оптимальное количество AGV-роботов, обеспечивающих динамическое равновесие системы без образования заторов и простоев операторов; выявлен нелинейный эффект влияния скорости перемещения роботов на производительность; идентифицированы зоны коллизий, что сократило частоту блокировок маршрутов на 18 %. Совокупное применение разработанных решений обеспечило повышение производительности распределительного центра с 940 до 1536 единиц товаров в час, что соответствует приросту на 63,4 %.

Научная новизна исследования заключается в разработанной методике внедрения цифрового двойника в процессы складской логистики предприятия, а также в выявленных оптимизационных возможностях технологии. Практическая значимость работы состоит в перспективе использования полученных результатов для ресурсного планирования и повышения операционной эффективности распределительных центров. Ограничениями настоящего исследования являются его ориентация на один тип объекта и фиксированный набор технологического оборудования. Перспективные направления дальнейших работ связаны с масштабированием подхода на складские системы, интеграцией с алгоритмами искусственного интеллекта для предиктивного управления, а также с расширенной валидацией на реальных производственных данных в условиях меняющегося спроса.

Литература

1. Zhang Y., Qu T., Hong Z., Zhang Z., Huang G. Q. Digital twin driven opti-state control approach for smart warehousing in the synchronous operating environment // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2026. Vol. 97. No. 103099. Pp. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2025.103099

2. Hong Z., Qu T., Zhang Y., Li M., Huang G. Q., Chen Z. Digital twin-based cross-enterprise production-delivery synchronization in a highly dynamic environment // Computers & Industrial Engineering. 2024. Vol. 198. No. 110680. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110680

3. Galkin A., Samchuk G., Kopytkov D., Thompson R. G. Digital twins in logistics: a comprehensive bibliometric analysis for advancing smart cities and sustainable development // Discover Sustainability. 2025. Vol. 6. No. 853. DOI: https://doi.org/10.1007/s43621-025-01754-0

4. Anandhukrishna A. S., Mandal S., Raman R. Digital Twins and Smart Supply Chains: Advancing Resilient and Intelligent Infrastructure Systems // ICT Systems and Sustainability. 2026. Vol. 6. No. 1650. Pp. 245-260. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-06677-0_25

5. Uddin Talukdar M. M., KhayrulAlam, Islam Bhuiyan M. R., MominulIslam M., Xu D. J., Alam S. Mapping the Digital Twin Technology in Supply Chain Management: A Bibliometric Trends Analysis // IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications. 2026. DOI: https://doi.org/10.1049/cps2.70046

6. Калимуллина О.В., Кораблев А.В., Сысоенко М.В., Никитина В.В., Кораблев М.А. Исследование современных подходов к разработке архитектуры программного обеспечения для создания цифровых двойников производства. Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 2. № 8 (161). С. 233-253

7. Uddin Talukdar M. M., KhayrulAlam, Islam Bhuiyan M. R., MominulIslam M., Xu D. J., Alam S. Mapping the Digital Twin Technology in Supply Chain Management: A Bibliometric Trends Analysis // IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications. 2026. DOI: https://doi.org/10.1049/cps2.70046

8. Félix-Cigalat J. S., Domingo R. Towards a Digital Twin Warehouse through the Optimization of Internal Transport // Applied Sciences. 2023. Vol. 13 No. 8. Pp. 4652. DOI: https://doi.org/10.3390/app13084652

9. Coelho F., Relvas S., Barbosa-Póvoa A. P. Simulation-based decision support tool for in-house logistics: the basis for a digital twin // Computers & Industrial Engineering. 2021. Vol. 153. No. 107094. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107094

10. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. — 6th ed. — Boston : McGraw Hill, 2024. — 688 p. – ISBN 9781264268245

11. Leng J., Yan D., Liu Q., Zhang H., Zhao G., Wei L., … Chen X. Digital twin-driven joint optimisation of packing and storage assignment in large-scale automated high-rise warehouse product-service system // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2021. Vol. 34 No. 7-8. Pp. 783-800. DOI: https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667032

12. Guerrazzi E., Mininno V., Aloini D. Balancing picking and outbound loading efficiency in an SBS/RS through a digital twin // Flexible Services and Manufacturing Journal. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10696-024-09554-w

13. Zhang Y., Qu T., Li M., Zhang Z., Zhang K., Hong Z., Chen Z. Digital twin-based multi-granularity synchronisation for production-warehousing under batch processing mode // International Journal of Production Research. 2024. Pp. 1-20. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2408671

14. Rizqi Z. U., Chou S.-Y., Cahyo W. N. A simulation-based Digital Twin for smart warehouse: Towards standardization // Decision Analytics Journal. 2024. Vol. 12. No. 100509. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100509

15. Варшавский Л. Е. Моделирование влияния санкций и импортозамещения на показатели рынка // Компьютерные исследования и моделирование. 2025. Том 17. № 2. С. 365–380

16. Zuhr P., Rissmann L., Meißner S. Framework for planning and implementation of Digital Process Twins in the field of internal logistics // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55 No. 10. Pp. 2221-2227. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.038

17. Korth B., Schwede C., Zajac M. Simulation-ready digital twin for realtime management of logistics systems // 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2018. Pp. 4194-4201. DOI: 10.1109/BigData.2018.8622160

The introduction of digital twin technology to optimize the processes of warehouse logistics of the enterprise

Kalimullina O.V., Korablev A.V., Alekseeva A.V., Korablev M.A., Nikitina V.V.

St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich, R-Pro Concern, ITMO University, R-Pro Concern

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Warehouse logistics generates up to 40% of the total production and logistics costs of the enterprise, however, existing solutions in the field of intelligent warehouses retain a discrete nature of operation, do not provide the required level of synchronization of resources and resistance to disturbances. Despite the growing number of publications on digital twins, there remains a gap in academic discourse between architectural developments, the capabilities of digital twins, and sound practices for introducing technology into the operational environment. The purpose of this study is to develop a methodology for implementing digital twins to support decision-making on optimizing warehouse logistics processes and improving their operational efficiency. The methodological base of the work includes the analysis of scientific literature, as well as the method of simulation modeling in the digital twin environment. As a result of the research, the architecture of the digital twin of warehouse processes to support decision-making and the methodology for implementing the digital twin were developed, as well as the optimization capabilities of the technology were proven. Simulation modeling made it possible to determine the optimal size of the equipment fleet, visualize critical collision zones on the warehouse topology, which created the basis for a point-by-point reconfiguration of the infrastructure, increasing productivity and throughput of the warehouse. The results of the study confirm the validity of using digital twins to solve optimization problems, which increases the adaptability of the warehouse system.

Keywords: digital twin, warehouse logistics, simulation modeling, process optimization, robotic trolleys (AGV), cyber-physical system, decision support.

References

1. Zhang Y., Qu T., Hong Z., Zhang Z., Huang G. Q. Digital twin driven opti-state control approach for smart warehousing in the synchronous operating environment // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2026. Vol. 97. No. 103099. Pp. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2025.103099
2. Hong Z., Qu T., Zhang Y., Li M., Huang G. Q., Chen Z. Digital twin-based cross-enterprise production-delivery synchronization in a highly dynamic environment // Computers & Industrial Engineering. 2024. Vol. 198. No. 110680. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110680
3. Galkin A., Samchuk G., Kopytkov D., Thompson R. G. Digital twins in logistics: a comprehensive bibliometric analysis for advancing smart cities and sustainable development // Discover Sustainability. 2025. Vol. 6. No. 853. DOI: https://doi.org/10.1007/s43621-025-01754-0
4. Anandhukrishna A. S., Mandal S., Raman R. Digital Twins and Smart Supply Chains: Advancing Resilient and Intelligent Infrastructure Systems // ICT Systems and Sustainability. 2026. Vol. 6. No. 1650. Pp. 245-260. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-06677-0_25
5. Uddin Talukdar M. M., KhayrulAlam, Islam Bhuiyan M. R., MominulIslam M., Xu D. J., Alam S. Mapping the Digital Twin Technology in Supply Chain Management: A Bibliometric Trends Analysis // IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications. 2026. DOI: https://doi.org/10.1049/cps2.70046
6. Kalimullina O. V., Korablev A. V., Sysoenko M. V., Nikitina V. V., Korablev M. A. Study of modern approaches to software architecture development for creating digital twins of production // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2025. Vol. 2. No. 8 (161). Pp. 233-253
7. Uddin Talukdar M. M., KhayrulAlam, Islam Bhuiyan M. R., MominulIslam M., Xu D. J., Alam S. Mapping the Digital Twin Technology in Supply Chain Management: A Bibliometric Trends Analysis // IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications. 2026. DOI: https://doi.org/10.1049/cps2.70046
8. Félix-Cigalat J. S., Domingo R. Towards a Digital Twin Warehouse through the Optimization of Internal Transport // Applied Sciences. 2023. Vol. 13 No. 8. Pp. 4652. DOI: https://doi.org/10.3390/app13084652
9. Coelho F., Relvas S., Barbosa-Póvoa A. P. Simulation-based decision support tool for in-house logistics: the basis for a digital twin // Computers & Industrial Engineering. 2021. Vol. 153. No. 107094. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107094
10. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. — 6th ed. — Boston : McGraw Hill, 2024. — 688 p. – ISBN 9781264268245
11. Leng J., Yan D., Liu Q., Zhang H., Zhao G., Wei L., … Chen X. Digital twin-driven joint optimisation of packing and storage assignment in large-scale automated high-rise warehouse product-service system // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2021. Vol. 34 No. 7-8. Pp. 783-800. DOI: https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667032
12. Guerrazzi E., Mininno V., Aloini D. Balancing picking and outbound loading efficiency in an SBS/RS through a digital twin // Flexible Services and Manufacturing Journal. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10696-024-09554-w
13. Zhang Y., Qu T., Li M., Zhang Z., Zhang K., Hong Z., Chen Z. Digital twin-based multi-granularity synchronisation for production-warehousing under batch processing mode // International Journal of Production Research. 2024. Pp. 1-20. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2408671
14. Rizqi Z. U., Chou S.-Y., Cahyo W. N. A simulation-based Digital Twin for smart warehouse: Towards standardization // Decision Analytics Journal. 2024. Vol. 12. No. 100509. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100509
15. Varshavsky L. E. Modeling the impact of sanctions and import substitution on market indicators // Kompyuternye issledovaniya i modelirovanie. 2025. Vol. 17. No. 2. Pp. 365-380
16. Zuhr P., Rissmann L., Meißner S. Framework for planning and implementation of Digital Process Twins in the field of internal logistics // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55 No. 10. Pp. 2221-2227. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.038
17. Korth B., Schwede C., Zajac M. Simulation-ready digital twin for realtime management of logistics systems // 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). 2018. Pp. 4194-4201. DOI: 10.1109/BigData.2018.8622160

Эволюция ESG-коммуникаций российских компаний с государственным участием: от глобальных стандартов к национальной институциональной модели

Алтухов Андрей Сергеевич
соискатель, факультет государственного управления, кафедра финансового менеджмента, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, andalt1@gmail.com

Предметом исследования являются ESG-коммуникации российских компаний с государственным участием в период трансформации институциональных условий нефинансового раскрытия. Анализируются изменения в содержании, структуре и круге адресатов нефинансовых отчетов, произошедшие после исключения российских компаний из международных ESG-индексов и отзыва международных верификаций в 2022 году. Объектом исследования выступают нефинансовые отчеты четырех компаний с государственным участием – РЖД, Сбера, Россетей и Аэрофлота – за 2021 и 2023 годы. Теоретическую основу составляют стейкхолдерский подход Р.Э. Фримана, сигнальная теория М. Спенса, теория легитимности М. Сачмена, концепция декаплинга Дж. Мейера и Б. Роуэна, а также концепция институционального изоморфизма П. ДиМаджио и У. Пауэлла. Методология включает тематический контент-анализ и дискурс-анализ обращений руководителей и разделов стратегического целеполагания. Новизна исследования состоит в выявлении механизма институциональной переориентации ESG-коммуникаций: практика нефинансового раскрытия не прекратилась, но изменила адресата, содержание и логику легитимации. Автор приходит к выводу, что в секторе компаний с государственным участием складывается национальная институциональная модель ESG-коммуникаций, в которой государство совмещает роли собственника, регулятора и адресата отчетности, а содержание раскрытия определяется приоритетами внутренней политики. Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего анализа национальных моделей нефинансового раскрытия и трансформации ESG-коммуникаций в условиях изменения внешней институциональной среды.

Ключевые слова: ESG-коммуникации, компании с государственным участием, нефинансовая отчетность, устойчивое развитие, стейкхолдерский подход, легитимация, декаплинг, санкции.

Введение

Исключение российских компаний из глобальных фондовых индексов MSCI и FTSE Russell в марте 2022 года и последовавшее закрытие международных рынков капитала существенно трансформировали условия, в которых компании с государственным участием осуществляют нефинансовое раскрытие информации. Под ESG-коммуникациями в настоящей статье понимается совокупность практик нефинансового раскрытия, посредством которых компания транслирует заинтересованным сторонам информацию о своей деятельности в экологической (E), социальной (S) и управленческой (G) сферах, – включая подготовку нефинансовых отчетов, обращения руководителей, разделы стратегического целеполагания в публичной отчетности. До 2022 года ESG-коммуникация крупнейших отечественных корпораций была ориентирована на международных инвесторов, провайдеров рейтингов и индексов устойчивого развития – акторов, чьи требования к содержанию и форме отчетности задавали стандарты раскрытия для всего сектора. Эти изменения разорвали связь между нефинансовым раскрытием и доступом к внешнему финансированию, которая прежде определяла требования к глубине и качеству отчетности. Вместе с тем практика подготовки нефинансовых отчетов в секторе компаний с государственным участием сохранилась, что фиксируется в публичной отчетности исследуемых компаний за 2023 год.

Цель настоящей статьи – проанализировать, как изменились содержание и адресность ESG-коммуникаций российских компаний с государственным участием в период 2021–2023 годов, и определить, какие институциональные факторы формируют характер этих изменений. Для достижения указанной цели решаются следующие задачи: охарактеризовать ESG-активность исследуемых компаний до 2022 года; выявить структурные изменения в содержании нефинансовых отчетов между двумя периодами; проследить трансформацию дискурса первых лиц в части целеполагания и адресации ESG-деятельности; определить факторы, обусловливающие устойчивость нефинансового раскрытия в изменившихся институциональных условиях.

Эмпирическую основу составляют нефинансовые отчеты четырех компаний с государственным участием – РЖД, Сбера, Россетей и Аэрофлота – за 2021 и 2023 годы. Компании отобраны по трем критериям: доля государства в капитале свыше 50%, наличие опубликованной нефинансовой отчетности за оба сравниваемых периода, принадлежность к различным секторам экономики. Применяются два взаимодополняющих метода. Первый – тематический контент-анализ: для каждого отчета фиксируется объем тематических блоков E, S и G, перечень упоминаемых международных стандартов и российских нормативных документов, состав названных стейкхолдеров. Второй – дискурс-анализ обращений первых лиц и разделов стратегического целеполагания: анализируются изменения в формулировках целей ESG-деятельности, в наименовании адресатов коммуникации и во внешних ориентирах, на которые компании ссылаются как на основание своей деятельности.

Теоретико-методологические основания исследования

Двойственная природа компаний с государственным участием – сочетание рыночных задач с публичными функциями, определяемыми государством-собственником [8], – обусловливает неоднородность групп, перед которыми такая компания несет обязательства. В терминах стейкхолдерского подхода Р.Э. Фримана [19], развитого в работах Р. Митчелла, Б. Эйгла и Д. Вуда [22], эта неоднородность означает, что содержание корпоративных коммуникаций определяется составом стейкхолдеров и их относительным весом в системе корпоративного управления. Изменение состава ключевых стейкхолдеров влечет за собой трансформацию коммуникативных практик как институциональную адаптацию к изменившимся ожиданиям среды.

Применительно к нефинансовой отчетности этот механизм описывается через сигнальную теорию М. Спенса [24]: содержательность раскрытия определяется стимулами отправителя, которые формируются с учетом того, кому сигнал адресован. Пока в числе ключевых адресатов ESG-коммуникации российских компаний с государственным участием выступали международные инвесторы и рейтинговые агентства, стимулы к раскрытию определялись требованиями этих акторов – в частно-

сти, стандартами GRI, методологиями MSCI и Sustainalytics, принципами TCFD. Сужение этого круга создает условия, при которых прежние стимулы ослабевают, а содержание отчетности начинает отражать ожидания тех стейкхолдеров, чье значение для компании возросло – прежде всего государства в его совмещенной роли собственника, регулятора и оценщика результатов деятельности.

Устойчивость формальных практик раскрытия в изменившихся условиях объясняется через концепцию декаплинга Дж. Мейера и Б. Роуэна [21]: организации принимают формальные структуры, соответствующие институциональным ожиданиям среды, сохраняя при этом разрыв между этими структурами и реальными операционными практиками. Нефинансовая отчетность, понимаемая в рамках теории легитимности М. Сачмена [25] как механизм поддержания соответствия между декларируемыми ценностями организации и ожиданиями значимого социального окружения, не утратила своей функции после 2022 года – она переориентировалась на нового значимого адресата. Этот теоретический каркас позволяет интерпретировать эмпирические данные, составляющие основу настоящего исследования.

Механизм, посредством которого компании воспроизводят коммуникативные практики, соответствующие ожиданиям институциональной среды, описывается в работе П. ДиМаджио и У. Пауэлла [18] через понятие изоморфизма. Авторы выделяют три его формы: принудительный изоморфизм, возникающий под давлением регуляторов и доминирующих акторов; миметический, при котором организации воспроизводят практики тех, кого воспринимают как успешные образцы; и нормативный, транслируемый через профессиональные сообщества и отраслевые стандарты. До 2022 года ESG-коммуникация российских компаний с государственным участием формировалась под воздействием всех трех механизмов: требования международных инвесторов и провайдеров индексов создавали принудительное давление, практики глобальных корпораций служили образцами для подражания, а стандарты GRI и принципы TCFD задавали нормативные рамки раскрытия. После 2022 года источник давления сменился, однако сам механизм институционального воспроизводства коммуникативных практик сохранил свою логику – компании адаптируют форму и содержание отчетности к ожиданиям нового доминирующего актора.

ESG-активность компаний с государственным участием до 2022 года

На протяжении 2010-х годов ряд российских компаний с государственным участием последовательно расширял нефинансовое раскрытие в соответствии с требованиями международных инвесторов и провайдеров ESG-рейтингов [5, 6, 9]. Получение оценок от MSCI и Sustainalytics, включение в расчетные базы ESG-индексов, выпуск зеленых и социальных облигаций, верифицированных международными агентствами, открывало доступ к пулу институциональных инвесторов, ориентированных на устойчивое финансирование. Связь между качеством нефинансового раскрытия и доступом к внешнему финансированию определяла стимулы компаний к подготовке отчетности: она адресовалась внешним оценщикам и служила подтверждением соответствия их требованиям.

Примером компании, нефинансовое раскрытие которой было непосредственно связано с привлечением капитала на международных рынках, служит Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (далее – РЖД). Начиная с 2019 года компания выпускала зеленые еврооблигации – долговые инструменты, привлеченные средства от которых направляются исключительно на финансирование проектов с положительным экологическим эффектом, – на европейских рынках: в 2019 году на сумму 500 млн евро, в 2020 году на 250 млн швейцарских франков, в 2021 году на 450 млн швейцарских франков. Помимо этого, компания выпустила рублевые зеленые облигации на внутреннем рынке объемом 100 млрд рублей и социальные облигации объемом 25 млрд рублей. Соответствие каждого выпуска международным стандартам подтверждало агентство Sustainalytics. С 2007 года компания является участником Глобального договора ООН – добровольной инициативы, объединяющей организации, принявшие на себя обязательства в области прав человека, охраны труда, экологии и противодействия коррупции [12].

Изменение институциональных условий нефинансового раскрытия после 2022 года

Институциональные условия, в которых российские компании с государственным участием осуществляли нефинансовое раскрытие, претерпели существенные изменения в марте 2022 года. Международные провайдеры фондовых индексов исключили российские компании из своих расчетных баз, а инфраструктура верификации инструментов устойчивого финансирования, созданная при участии международных агентств, прекратила работу применительно к российским эмитентам. Эти изменения затронули именно те механизмы, которые в предшествующий период формировали стимулы к соблюдению международных стандартов нефинансового раскрытия.

Агентство FTSE Russell 2 марта 2022 года объявило об удалении всех российских компаний из своих фондовых индексов [20], сославшись на невозможность для инвесторов осуществлять операции на российском рынке; исключение вступило в силу 7 марта 2022 года, все бумаги были списаны по нулевой стоимости. В тот же день агентство MSCI объявило о реклассификации российских индексов из категории развивающихся рынков в категорию автономных [23] – также по нулевой стоимости – с датой вступления в силу 9 марта 2022 года. Отдельным решением от 7 марта MSCI прекратил расчет индексов серии MSCI Russia ESG Leaders, специально ориентированных на компании с высокими показателями в области устойчивого развития. В результате российские компании лишились как общерыночных, так и специализированных ESG-бенчмарков.

Практика подготовки нефинансовых отчетов в секторе компаний с государственным участием при этом сохранилась. Компании переориентировались на российскую нормативную базу, которая к этому времени располагала собственными инструментами регулирования нефинансового раскрытия. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2021 года № 1587 закрепило критерии проектов устойчивого развития [3]; методические рекомендации Министерства экономического развития, утвержденные приказом от 1 ноября 2023 года № 764 [4], установили стандарты подготовки отчетности об устойчивом развитии для российских организаций. Информационное письмо Банка России 2021 года о раскрытии нефинансовой информации публичными акционерными обществами [2] к 2023 году фигурировало в отчетах РЖД и Россетей в качестве нормативного основания подготовки документов. Российская нормативная база, таким образом, обеспечила институциональную преемственность нефинансового раскрытия в условиях, когда международные стандарты утратили практическую значимость для российских компаний с государственным участием [1].

Трансформация содержания ESG-коммуникаций: изменение структуры и дискурса нефинансовых отчетов

Сравнительный контент-анализ отчетов компаний выборки за 2021 и 2023 годы фиксирует устойчивое перераспределение объема между тематическими блоками. Во всех четырех случаях доля социального блока в общем объеме отчета возросла, тогда как доля экологического блока сократилась. Это структурное перераспределение сопровождается качественными изменениями в содержании каждого из блоков: меняется не только относительный объем, но и набор тем, которые компании относят к существенным.

К 2023 году доля экологического блока сократилась во всех четырех отчетах. У РЖД экологический блок сохранил прежний абсолютный объем – 30 страниц [13], – однако его доля в общем объеме документа сократилась с 19% до 14% на фоне роста отчета до 209 страниц. В отчете Сбера за 2023 год [17] экологический блок – раздел «Климатическая повестка» и раздел «Экологический аспект» – занял около 41 страницы из 210 страниц ESG-отчета, то есть примерно 20%; при этом стратегические цели компании в ESG-сфере, утвержденные на период до 2026 года, сформулированы преимущественно не в единицах углеродного следа, а в единицах регионального охвата и социального вовлечения: охват 70 регионов ESG-трансформацией, вовлечение 75% сотрудников в ESG-повестку, достижение портфеля ответственного финансирования в 3,4 трлн рублей. В отчете Россетей [14, 15] раздел устойчивого развития приобрел девять самостоятельных подразделов, посвященных участию компании в реализации национальных проектов, – среди которых «Экология», «Здравоохранение», «Демография», «Образование», – что свидетельствует о встраивании экологической темы в логику государственных программ. Аэрофлот, не имевший в 2021 году самостоятельного ESG-документа, к 2023 году опубликовал отдельный отчет [11] об устойчивом развитии объемом 307 страниц, из которых экологический блок составил 36 страниц – около 12%. Изменение институциональных условий, таким образом, не повлекло за собой сокращения нефинансового раскрытия в секторе компаний с государственным участием – практика подготовки отчетности продолжила расширяться.

К 2023 году социальный блок вырос в абсолютном объеме у всех четырех компаний, а его содержание сместилось от стандартного набора кадровых и трудовых показателей к тематике, определяемой приоритетами государственной политики. Аэрофлот отвел социальным разделам – забота о клиентах, местные сообщества, безопасность полетов, персонал – 117 страниц из 307, около 38%, впервые раскрыв данные о создан-

ной и распределенной прямой экономической стоимости и связав деятельность компании с развитием территорий. РЖД увеличили объем блока с 50 до 64 страниц и содержательно переориентировали его: 2023 год был объявлен в компании Годом здоровья, в рамках которого проведено 11 800 мероприятий по профилактической медицине с участием 7,3 млн человек – не только работников, но и членов их семей, пенсионеров и жителей регионов присутствия; программа снижения сердечно-сосудистых заболеваний разработана во исполнение Указа Президента Российской Федерации о национальных целях развития, а корпоративный Кодекс деловой этики дополнен разделом о содействии национальным целям и приоритетам. Сбер нарастил социальный блок с 17 до 62 страниц [16, 17], доведя его долю с 19% до 30% ESG-отчета; тематически раскрытие сместилось от кадровых показателей к социальной ответственности перед населением и программам корпоративного волонтерства в регионах присутствия. Россети обеспечили электроснабжение 980 объектов в рамках национальных проектов, в том числе 448 объектов здравоохранения. Генеральный директор компании в годовом отчете за 2023 год заявил, что приоритеты сместились от углеродной нейтральности к человеческому капиталу и социальной составляющей деятельности.

К 2023 году управленческий блок претерпел наиболее заметные по сравнению с экологическим и социальным блоками содержательные изменения – компании расширили его за счет тем, не предусмотренных международными стандартами отчетности. Сбер сохранил наибольший среди четырех компаний объем управленческого блока – около 78 страниц, 37% ESG-отчета; нормативные ссылки дополнились приказами Минприроды для расчета выбросов парниковых газов. Аэрофлот увеличил объем управленческого блока с 7 до 104 страниц [10, 11] – около 34% отчета. В отчете за 2023 год появились разделы, отсутствовавшие двумя годами ранее, – о цифровой трансформации и переходе на российское программное обеспечение, о соответствии рекомендациям Министерства экономического развития. Также компания впервые раскрыла данные о работе комитетов по устойчивому развитию. РЖД расширили блок с 20 до 32 страниц. Компания дополнила перечень нормативных источников отраслевым стандартом SASB – набором показателей для железнодорожной отрасли. Одновременно в отчете появилась ссылка на информационное письмо Банка России о раскрытии публичными акционерными обществами нефинансовой информации. Россети в 2023 году утвердили Политику в области устойчивого развития и Политику в области изменения климата решениями Совета директоров, который возглавляет заместитель Председателя Правительства Российской Федерации. Россети в отчете за 2023 год сослались одновременно на Цели устойчивого развития ООН и на национальные цели развития Российской Федерации до 2030 года, совместив международные и отечественные ориентиры в одном документе. В годовом отчете Россети также раскрыли показатели импортозамещения в закупочной деятельности, указав, что доля зарубежной продукции на протяжении последних лет удерживалась ниже 10%.

Обращения руководителей компаний и разделы стратегического целеполагания в отчетах за 2021 год адресовали ESG-деятельность широкому кругу заинтересованных сторон, в котором международные акторы занимали заметное место. Компании называли среди адресатов акционеров и инвесторов, рейтинговые агентства, средства массовой информации, а обоснование деятельности в области устойчивого развития строилось через ссылки на глобальные инициативы – Цели устойчивого развития ООН, Глобальный договор, Парижское соглашение. К 2023 году состав названных адресатов и набор легитимирующих аргументов изменились. Обращения руководителей во всех четырех отчетах переориентировались на внутренних стейкхолдеров – работников, членов их семей, жителей регионов присутствия, государство. Внешние ориентиры сместились от международных рейтингов и индексов к национальным целям развития, указам президента, федеральным и региональным программам. Компании, сохранившие ссылки на ЦУР ООН, дополнили их указанием на российские нормативные документы, тогда как упоминания международных инвесторов и провайдеров ESG-рейтингов из текстов обращений исчезли.

Контуры национальной институциональной модели ESG-коммуникаций

Однотипность изменений в компаниях, различающихся по масштабу, отраслевой принадлежности и степени прежней интеграции в международные рынки капитала, указывает на институциональную природу трансформации. Изменения определяются не индивидуальными управленческими решениями, а давлением среды, общей для всего сектора компаний с государственным участием. Эта среда задает единый вектор адаптации: перераспределение содержания отчетности в пользу социальной и управленческой тематики, привязку раскрытия к государственным программам и национальным проектам, переориентацию коммуникации на внутренних стейкхолдеров.

Складывающаяся конфигурация обладает устойчивыми признаками. Государство занимает позицию доминирующего стейкхолдера, совмещая роли собственника, регулятора и адресата отчетности. В моделях Р.Э. Фримана и Р. Митчелла эти роли распределены между независимыми акторами с различными интересами; в российском госсекторе они сконцентрированы у одного субъекта, что сужает круг адресатов, перед которыми компания отчитывается, и упрощает логику коммуникации. Адресатами отчетности становятся работники, население регионов присутствия, федеральные и региональные ведомства. Содержание раскрытия смещается от глобальной экологической повестки к темам, определяемым внутренней политикой, – кадровой обеспеченности, выполнению национальных проектов, замещению импортных технологий. Совокупность этих признаков позволяет говорить о формировании национальной институциональной модели ESG-коммуникаций, отличной от глобальной по содержанию, адресации и логике легитимации.

Практики, выработанные компаниями с государственным участием, – привязка отчетности к национальным проектам, раскрытие показателей импортозамещения, совмещение международных и российских нормативных ориентиров – воспроизводятся за пределами госсектора. Рекомендации РСПП, методические указания Банка России и Министерства экономического развития, требования Московской биржи к эмитентам транслируют эти практики более широкому кругу компаний [7]. До 2022 года аналогичную функцию выполняли требования международных инвесторов и провайдеров ESG-рейтингов, задававшие стандарты раскрытия для российского корпоративного сектора. Акторы, определяющие эти стандарты, сменились, однако сам механизм воспроизводства практик через регуляторную инфраструктуру сохранился.

Заключение

Проведенный анализ нефинансовых отчетов четырех российских компаний с государственным участием за 2021 и 2023 годы показал, что практика нефинансового раскрытия после исключения российских компаний из международных ESG-индексов и отзыва международных верификаций не прекратилась – компании продолжили готовить отчетность, а в ряде случаев увеличили ее объем. При этом содержание раскрытия и круг его адресатов существенно изменились. Доля экологической тематики в отчетах сократилась, тогда как компании расширили социальный блок и встроили его в приоритеты государственной политики – от национальных проектов до программ развития территорий присутствия. В управленческом блоке появились темы, отсутствовавшие в 2021 году, – импортозамещение, переход на российское программное обеспечение, соответствие рекомендациям федеральных ведомств. Обращения руководителей переориентировались на работников, население регионов присутствия и государство. Эти изменения воспроизводятся в компаниях четырех различных отраслей – транспорта, финансов, энергетики и авиации, – что указывает на их институциональную, а не ситуативную природу.

Результаты исследования подтверждают объяснительную силу стейкхолдерского подхода и сигнальной теории применительно к анализу нефинансового раскрытия компаний с государственным участием. Уход международных инвесторов и провайдеров ESG-рейтингов при одновременном усилении роли государства как собственника, регулятора и адресата отчетности изменил стимулы менеджмента к раскрытию. Компании адаптировали форму и содержание отчетов к ожиданиям государства как доминирующего стейкхолдера – и этот процесс адаптации привел к формированию конфигурации, обладающей признаками национальной институциональной модели. В этой модели государство совмещает роли, которые в классическом стейкхолдерском анализе распределены между независимыми акторами, а содержание раскрытия определяется приоритетами внутренней политики. Применение к этой модели оценочных инструментов – в частности международных ESG-рейтингов, методологий MSCI и Sustainalytics, критериев включения в глобальные индексы, – разработанных для компаний, ориентированных на международных институциональных инвесторов, дает результат, отражающий не качество раскрытия, а расхождение институциональных контекстов, в которых функционируют оценщик и оцениваемый.

Полученные результаты следует рассматривать с учетом ряда ограничений. Выборка из четырех компаний позволяет выявить устойчивые тенденции, но не охватывает весь сектор компаний с государственным участием. По ряду компаний за отдельные периоды отсутствуют детализированные постраничные данные, что ограничивает точность количественного сопоставления. Дискурс-анализ проведен на основе обраще-

ний руководителей и разделов стратегического целеполагания, без привлечения корпоративных документов закрытого характера, которые могли бы дополнить картину. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется, в частности, сравнительный анализ национальных моделей нефинансового раскрытия в странах с различной институциональной средой, а также анализ распространения практик, выработанных компаниями с государственным участием, на российский частный сектор.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 мая 2017 г. № 876-р «О Концепции развития публичной нефинансовой отчетности».
2. Информационное письмо Банка России от 12 июля 2021 г. № ИН-06-28/49 «О рекомендациях по раскрытию публичными акционерными обществами нефинансовой информации, связанной с деятельностью таких обществ».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации».
4. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 1 ноября 2023 г. № 764 «Об утверждении Методических рекомендаций по подготовке отчетности об устойчивом развитии».
5. Батаева Б.С. Развитие нефинансовой отчетности в России: от добровольных инициатив к государственному регулированию // Управленческие науки. 2021. Т. 11, № 3. С. 34–48.
6. Благов Ю.Е. Корпоративная социальная ответственность: эволюция концепции. СПб. : Высшая школа менеджмента, 2015. 272 с.
7. Интеграция целей устойчивого развития в бизнес-стратегию компаний : монография / под ред. А.З. Бобылевой. М. : РУСАЙНС, 2023.
8. Радыгин А.Д., Энтов Р.М., Абрамов А.Е. Государственная компания: сфера проявления «провалов государства» или «провалов рынка»? // Вопросы экономики. 2015. № 1. С. 45–79.
9. Феоктистова Е.Н., Аленичева Л.В., Копылова Г.А. и др. Аналитический обзор корпоративных нефинансовых отчетов: 2017–2020 годы выпуска. М. : РСПП, 2021.
10. ПАО «Аэрофлот». Годовой отчет за 2021 год. М., 2022.
11. ПАО «Аэрофлот». Отчет об устойчивом развитии за 2023 год. М., 2024.
12. ОАО «Российские железные дороги». Отчет об устойчивом развитии за 2021 год. М., 2022.
13. ОАО «Российские железные дороги». Отчет об устойчивом развитии за 2023 год. М., 2024.
14. ПАО «Россети». Годовой отчет за 2021 год. М., 2022.
15. ПАО «Россети». Годовой отчет за 2023 год. М., 2024.
16. ПАО Сбербанк. ESG-отчет за 2021 год. М., 2022.
17. ПАО Сбербанк. ESG-отчет за 2023 год. М., 2024.
18. DiMaggio P.J., Powell W.W. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields // American Sociological Review. 1983. Vol. 48, No. 2. P. 147–160.
19. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston : Pitman, 1984. 276 p.
20. FTSE Russell. FTSE Russell Removes Russian Securities from All FTSE Russell Indexes : Press Release, March 2, 2022.
21. Meyer J.W., Rowan B. Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony // American Journal of Sociology. 1977. Vol. 83, No. 2. P. 340–363.
22. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts // The Academy of Management Review. 1997. Vol. 22, No. 4. P. 853–886.
23. MSCI. MSCI Reclassifies the MSCI Russia Indexes to Standalone Market Status : Press Release, March 3, 2022.
24. Spence M. Job Market Signaling // The Quarterly Journal of Economics. 1973. Vol. 87, No. 3. P. 355–374.
25. Suchman M.C. Managing Legitimacy: Strategic and Institutional Approaches // The Academy of Management Review. 1995. Vol. 20, No. 3. P. 571–610.

Evolution of ESG Communications of Russian Companies with State Participation: From Global Standards to a National Institutional Model

Altukhov A.S.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The subject of this study is ESG communications of Russian companies with state participation during the transformation of the institutional environment for non-financial disclosure. The article analyzes changes in the content, structure, and target audience of non-financial reports following the exclusion of Russian companies from international ESG indices and the withdrawal of international verifications in 2022. The object of the study comprises non-financial reports of four companies with state participation – Russian Railways, Sber, Rosseti, and Aeroflot – for 2021 and 2023. The theoretical framework draws on R.E. Freeman's stakeholder approach, M. Spence's signaling theory, M. Suchman's legitimacy theory, J. Meyer and B. Rowan's decoupling concept, and P. DiMaggio and W. Powell's institutional isomorphism framework. The methodology combines thematic content analysis and discourse analysis of CEO addresses and strategic goal-setting sections. The novelty of the study lies in identifying the mechanism of institutional reorientation of ESG communications: non-financial disclosure did not cease but shifted its addressee, content, and logic of legitimation. The author concludes that a national institutional model of ESG communications is emerging in the state participation sector, in which the state combines the roles of owner, regulator, and reporting addressee, while the content of disclosure is determined by domestic policy priorities. The findings may be used for further analysis of national models of non-financial disclosure and the transformation of ESG communications under changing external institutional conditions.

Keywords: ESG communications, companies with state participation, non-financial reporting, sustainable development, stakeholder approach, legitimation, decoupling, sanctions.

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 5 maya 2017 g. No. 876-r "O Kontseptsii razvitiya publichnoy nefinansovoy otchetnosti" [Decree of the Government of the Russian Federation No. 876-r of May 5, 2017 "On the Concept for the Development of Public Non-Financial Reporting"]. (In Russ.)
2. Informatsionnoe pis'mo Banka Rossii ot 12 iyulya 2021 g. No. IN-06-28/49 "O rekomendatsiyakh po raskrytiyu publichnymi aktsionernymi obshchestvami nefinansovoy informatsii" [Information Letter of the Bank of Russia No. IN-06-28/49 of July 12, 2021 "On Recommendations for the Disclosure of Non-Financial Information by Public Joint-Stock Companies"]. (In Russ.)
3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21 sentyabrya 2021 g. No. 1587 "Ob utverzhdenii kriteriev proektov ustoychivogo (v tom chisle zelenogo) razvitiya v Rossiyskoy Federatsii" [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1587 of September 21, 2021 "On Approval of the Criteria for Sustainable (Including Green) Development Projects in the Russian Federation"]. (In Russ.)
4. Prikaz Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 1 noyabrya 2023 g. No. 764 "Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsiy po podgotovke otchetnosti ob ustoychivom razvitii" [Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation No. 764 of November 1, 2023 "On Approval of Methodological Recommendations for Preparing Sustainability Reporting"]. (In Russ.)
5. Bataeva B.S. Razvitie nefinansovoy otchetnosti v Rossii: ot dobrovol'nykh initsiativ k gosudarstvennomu regulirovaniyu [The development of non-financial reporting in Russia: from voluntary initiatives to state regulation]. Upravlencheskie nauki = Management Sciences, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 34-48. (In Russ.)
6. Blagov Yu.E. Korporativnaya sotsial'naya otvetstvennost': evolyutsiya kontseptsii [Corporate social responsibility: the evolution of the concept]. St. Petersburg, Graduate School of Management Publ., 2015. 272 p. (In Russ.)
7. Integratsiya tseley ustoychivogo razvitiya v biznes-strategiyu kompaniy: monografiya [Integrating the sustainable development goals into companies' business strategy: a monograph]. Ed. by A.Z. Bobyleva. Moscow, RUSAYNS Publ., 2023. (In Russ.)
8. Radygin A.D., Entov R.M., Abramov A.E. Gosudarstvennaya kompaniya: sfera proyavleniya "provalov gosudarstva" ili "provalov rynka"? [The state-owned company: a domain of "government failures" or "market failures"?]. Voprosy Ekonomiki, 2015, no. 1, pp. 45-79. (In Russ.)
9. Feoktistova E.N., Alenicheva L.V., Kopylova G.A. et al. Analiticheskiy obzor korporativnykh nefinansovykh otchetov: 2017-2020 gody vypuska [Analytical review of corporate non-financial reports issued in 2017-2020]. Moscow, RSPP Publ., 2021. (In Russ.)
10. PAO "Aeroflot". Godovoy otchet za 2021 god [PJSC Aeroflot. Annual Report for 2021]. Moscow, 2022. (In Russ.)
11. PAO "Aeroflot". Otchet ob ustoychivom razvitii za 2023 god [PJSC Aeroflot. Sustainability Report for 2023]. Moscow, 2024. (In Russ.)
12. OAO "Rossiyskie zheleznye dorogi". Otchet ob ustoychivom razvitii za 2021 god [JSC Russian Railways. Sustainability Report for 2021]. Moscow, 2022. (In Russ.)
13. OAO "Rossiyskie zheleznye dorogi". Otchet ob ustoychivom razvitii za 2023 god [JSC Russian Railways. Sustainability Report for 2023]. Moscow, 2024. (In Russ.)
14. PAO "Rosseti". Godovoy otchet za 2021 god [PJSC Rosseti. Annual Report for 2021]. Moscow, 2022. (In Russ.)
15. PAO "Rosseti". Godovoy otchet za 2023 god [PJSC Rosseti. Annual Report for 2023]. Moscow, 2024. (In Russ.)
16. PAO Sberbank. ESG-otchet za 2021 god [Sberbank PJSC. ESG Report for 2021]. Moscow, 2022. (In Russ.)
17. PAO Sberbank. ESG-otchet za 2023 god [Sberbank PJSC. ESG Report for 2023]. Moscow, 2024. (In Russ.)
18. DiMaggio P.J., Powell W.W. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. American Sociological Review, 1983, vol. 48, no. 2, pp. 147-160.
19. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston, Pitman, 1984. 276 p.
20. FTSE Russell. FTSE Russell Removes Russian Securities from All FTSE Russell Indexes. Press Release, March 2, 2022.
21. Meyer J.W., Rowan B. Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. American Journal of Sociology, 1977, vol. 83, no. 2, pp. 340-363.
22. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. The Academy of Management Review, 1997, vol. 22, no. 4, pp. 853-886.
23. MSCI. MSCI Reclassifies the MSCI Russia Indexes to Standalone Market Status. Press Release, March 3, 2022.
24. Spence M. Job Market Signaling. The Quarterly Journal of Economics, 1973, vol. 87, no. 3, pp. 355-374.

Организационная культура как фактор перехода компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели развития

Аль-Хамид Малек Джамаль
генеральный директор ООО «Атами», ООО «Амрус»

В статье рассматривается организационная культура в качестве системообразующего фактора, определяющего успешность трансформации компании от предпринимательского типа управления к процессно-ориентированной модели. Актуальность исследования обусловлена ростом числа субъектов малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации, достигшего рекордных 6,76 млн единиц в 2025 году, и объективной необходимостью систематизации управления в условиях масштабирования бизнеса. Целью работы является выявление механизмов влияния организационной культуры на переход компании к процессному управлению и разработка авторской модели такого перехода. В качестве методологии применены систематический обзор литературы, сравнительный анализ моделей организационных культур (в том числе модели конкурирующих ценностей К. Камерона и Р. Куинна), а также анализ практических кейсов российских компаний. Установлено, что организационная культура выполняет функцию несущей конструкции трансформации, без осознанного управления которой регламентация процессов не приводит к устойчивому результату. Предложена авторская модель культурно-процессного перехода.

Ключевые слова: организационная культура, процессно-ориентированное управление, предпринимательское управление, трансформация компании, масштабирование бизнеса, модель конкурирующих ценностей, бизнес-процессы, управление изменениями, малое и среднее предпринимательство, системный менеджмент.

Введение

Современный российский бизнес переживает фазу активного количественного роста: по данным Министерства экономического развития РФ, к декабрю 2025 года число субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) достигло 6,76 млн, что на 3% превышает показатель 2024 года и представляет собой исторический максимум за весь период наблюдений [13]. При этом занятость в секторе МСП составляет около 15,1 млн человек, а совокупный оборот малого бизнеса в 2025 году вырос на 6% по сравнению с предыдущим годом [14]. Подобная динамика свидетельствует о зрелости предпринимательской активности и одновременно о нарастающем управленческом вызове: значительная часть компаний, созданных в логике предпринимательского управления, сталкивается с ограничениями роста, обусловленными недостаточной систематизацией внутренних процессов.

На стадии основания компании предпринимательская культура выполняет роль акселератора: гибкость, ориентация на инициативу, готовность к риску и персонализированное принятие решений позволяют быстро занять рыночную нишу. Однако по мере масштабирования бизнеса те же культурные характеристики начинают порождать дисфункции: дублирование функций, непрозрачность ответственности, нарастающая зависимость от личности собственника. Переход к процессно-ориентированной модели управления в этих условиях становится не просто желательным, но необходимым.

В научной литературе проблема взаимосвязи организационной культуры и процессного управления разработана фрагментарно. Большинство публикаций рассматривают культуру как дополнительный, а не центральный элемент трансформации. Связь между культурным профилем компании и её готовностью к процессной зрелости остаётся недостаточно изученной применительно к российским МСП, в особенности в торговом и потребительском секторах. Данный научный пробел определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования состоит в выявлении механизмов влияния организационной культуры на переход компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели развития, а также в разработке авторской модели указанного перехода.

Научная новизна работы заключается в обосновании авторской модели культурно-процессного перехода компании, в которой организационная культура выступает не объектом изменений, а их несущей конструкцией, обеспечивающей устойчивость трансформации.

Авторская гипотеза состоит в следующем: устойчивый переход к процессно-ориентированной модели управления возможен только при условии целенаправленного управления организационной культурой как системным ресурсом, а не как побочным эффектом структурных изменений.

Результаты и обсуждение

Для понимания природы трансформации необходимо разграничить два управленческих архетипа. Предпринимательское управление характеризуется высокой централизацией, доминирующей ролью личности основателя, неформальной коммуникацией и культурой adhocracy по классификации Камерона и Куинна [3]. Такие компании демонстрируют высокую скорость реакции на рынок и гибкость, однако ограничены в масштабировании: с ростом числа сотрудников и усложнением цепочки поставок полная зависимость от одного центра принятия решений становится критическим уязвимым местом.

Процессно-ориентированная модель, напротив, основана на описании, стандартизации и оптимизации бизнес-процессов с чёткой фиксацией ответственности, метрик и результатов. По модели CVF она тяготеет к иерархическому и клановому культурным типам, объединяя дисциплину и командную сплочённость [4, 7]. Ключевым принципом является мышление категориями сквозных процессов, а не функциональных отделов [5].

В таблице 1 представлено систематизированное сравнение двух архетипов по основным управленческим параметрам, позволяющее наглядно определить вектор необходимых изменений.

Таблица 1
Сравнительная характеристика предпринимательской и процессно-ориентированной моделей управления (составлено автором на основе [3, 4, 5, 7]).

Критерий	Предпринимательское управление	Процессно-ориентированная модель
Принятие решений	Централизовано у основателя или руководителя	Распределено по уровням управления на основе регламентов
Формализация	Низкая, преобладают неформальные коммуникации	Высокая, задокументированные процедуры и регламенты
Организационная культура	Adhocracy: гибкость, инициатива, готовность к риску	Clan/Hierarchy: командная работа, стабильность, предсказуемость
Масштабируемость	Ограничена: рост затруднён без системы	Высокая: типовые процессы воспроизводимы
Ключевые риски	Зависимость от личности основателя, потеря управляемости при росте	Бюрократизация, снижение гибкости, сопротивление изменениям
Тип лидерства	Харизматический предприниматель	Системный менеджер, ориентированный на процесс
Роль оргкультуры	Неявная, формируется стихийно	Осознанно проектируемая, поддерживает стратегию

Рост сектора МСП в России создаёт объективный контекст для массового перехода компаний к более зрелым моделям управления. Рисунок 1 демонстрирует динамику числа субъектов МСП в Российской Федерации за 2019–2025 годы на основе официальных данных Минэкономразвития РФ и ФНС России.

Рисунок 1. Динамика количества субъектов МСП в Российской Федерации за 2019–2025 гг., млн единиц (составлено автором на основе [13, 14, 18]).

Устойчивый рост числа субъектов МСП на протяжении четырёх лет подряд (с 6,09 млн в 2022 году до 6,76 млн в 2025 году) означает постоянное пополнение экономики компаниями, находящимися на предпринимательской фазе развития. Рано или поздно каждая из них встанет перед необходимостью трансформировать систему управления. Согласно данным Министерства экономического развития, за период 2019–2024 годов занятость в секторе МСП выросла на 36%, а совокупные доходы компаний увеличились на 95% [13]. Такие темпы роста неизбежно создают запрос на систематизацию.

Центральный тезис настоящего исследования состоит в том, что организационная культура не является объектом, подлежащим «исправлению» в ходе трансформации, а представляет собой среду, в которой происходят все изменения. Это принципиально меняет логику управленческих вмешательств: вместо того чтобы «внедрять процессы», руководству необходимо создавать культурные условия, при которых сотрудники сами заинтересованы в их соблюдении.

Модель конкурирующих ценностей Камерона и Куинна [3] выделяет четыре культурных архетипа: клановость (сотрудничество, доверие), market (конкуренция, результативность), иерархичность (стабильность, контроль). Предпринимательские компании, как правило, демонстрируют доминирование adhocracy-профиля. Процессно-ориентированная трансформация требует постепенного смещения к клановой и иерархической структурным характеристикам без полного отказа от гибкости.

Переходная культура демонстрирует сбалансированность параметров при умеренном росте формализации и командной работы. Процессно-ориентированная культура характеризуется высокими показателями формализации, клиентского фокуса и командной работы при несколько сниженной, но сохранённой гибкости.

Исследование Негруль С.В., Быкова Р.А. и Быковой Е.Ю. [6], проведённое в российской высокотехнологичной компании, показывает, что культурные нормы и ценности непосредственно влияют на вовлечённость сотрудников и качество операционных процессов. Авторы фиксируют, что компании, где организационная культура осознанно проектируется, демонстрируют более высокий уровень лояльности персонала и производительности труда. Аналогичные выводы содержатся в систематическом обзоре Tandfonline (2024) [11]: организационная культура является ключевым инструментом адресации идентификационных кризисов организации в период роста.

На основе анализа литературы, данных российского рынка МСП и практики управления в секторе дистрибуции потребительских товаров автором разработана пятиэтапная модель перехода компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели развития (рисунок 2). Принципиальное отличие предлагаемой модели от существующих подходов состоит в том, что организационная культура рассматривается не как один из этапов трансформации, а как сквозная среда, пронизывающая все без исключения этапы.

Рисунок 2. Авторская модель перехода компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели (составлено автором на основе [1, 4, 7]).

Модель включает следующие взаимосвязанные этапы. Первый этап предполагает диагностику точки трансформации: фиксацию момента, когда предпринимательская культура перестаёт обеспечивать управляемый рост. Практическими индикаторами являются: рост числа конфликтов по причине неясной ответственности, снижение скорости принятия решений, нарастающая нагрузка на основателя, появление «узких мест» в операционных цепочках.

Второй этап включает диагностику организационной культуры с применением инструментария OCAI. Данный инструмент позволяет получить как текущий, так и желаемый профиль культуры по четырём квадрантам CVF и рассчитать культурный гэп — разрыв между существующими и необходимыми ценностными установками [3].

Третий этап состоит в проектировании культурного кода компании: формулировке ценностей, норм поведения и управленческих практик, которые будут поддерживать процессную модель. Критически важно, чтобы культурный код был не декларативным документом, а живой системой ритуалов, символов и управленческих решений, подтверждающих декларируемые ценности. Исследования Zhang et al. [8] подтверждают: именно психологическая безопасность и коллективизм как элементы культуры определяют способность организации к инновационному поведению и готовность принять новые процессы.

Четвёртый этап включает регламентацию процессов на основе BPM-подхода. Здесь осуществляется описание, оптимизация и автоматизация ключевых бизнес-процессов, внедрение KPI, распределение зон ответственности. Принципиально важно, что данный этап реализуется только после формирования культурной готовности персонала: попытка внедрить регламенты «поверх» сопротивляющейся культуры, как правило, приводит к формальному соблюдению инструкций без реального изменения поведения [5].

Пятый этап предусматривает создание системы непрерывного улучшения и мониторинга: регулярные ретроспективы команд, анализ KPI, корректировка процессов. На этом этапе модель замыкается в цикл: культура непрерывного совершенствования сама становится частью организационной идентичности.

Для оценки эффективности трансформации важно иметь измеримые ориентиры. В таблице 2 представлены типичные изменения ключевых параметров организационной культуры на трёх стадиях процессного перехода, основанные на анализе практических кейсов и данных отраслевых исследований.

Таблица 2

Изменение параметров организационной культуры на этапах процессно-ориентированной трансформации (составлено автором на основе [6, 9, 15]; приведены типичные диапазоны для МСП с численностью 50–300 человек).

Параметр культуры	До трансформации	В процессе	После трансформации
Доля регламентированных процессов, %	10–20	40–60	70–90
Индекс вовлечённости персонала (eNPS), усл. ед.	20–30	35–45	55–70
Время принятия операционных решений, дни	1–2	2–3	0,5–1
Доля сотрудников с понятными KPI, %	5–15	40–55	80–95
Текучесть кадров, % в год	25–40	20–30	10–18
Уровень конфликтности (1–10)	6–8	5–7	2–4

Данные таблицы 2 демонстрируют, что культурная трансформация предшествует улучшению операционных показателей. Так, рост доли регламентированных процессов (с 10–20% до 70–90%) достигается параллельно со снижением текучести кадров (с 25–40% до 10–18%), что свидетельствует о синергетическом эффекте культурных и процессных изменений. При этом на промежуточном этапе наблюдается временное ухудшение ряда параметров (рост времени принятия решений, нарастание конфликтности), что отражает нормальную «турбулентность» переходного периода и должно учитываться руководством при планировании трансформации [9, 19, 20].

Практическая реализация предложенной модели требует применения конкретных управленческих инструментов на каждом этапе. Рисунок 3 отражает последовательность этапов трансформации с акцентом на сквозную роль организационной культуры в каждом из них.

Рисунок 3. Этапы трансформации организационной культуры при переходе к процессно-ориентированной модели управления (составлено автором на основе [1, 4, 5, 7, 17]).

Схема подчёркивает, что организационная культура не является отдельным «шагом» в преобразовании компании, а выступает связующим контекстом для всех пяти этапов. Именно поэтому любые попытки начать трансформацию сразу с четвёртого этапа (внедрения регламентов) без предварительной работы с культурным кодом приводят к сопротивлению и откату к прежним практикам.

В таблице 3 представлен набор управленческих инструментов, систематизированных по цели применения, связи с организационной культурой и ожидаемому эффекту, который автор рекомендует применять в ходе культурно-процессного перехода.

Таблица 3

Управленческие инструменты культурно-процессного перехода компании (составлено автором на основе [3, 4, 5, 7, 12]; горизонт эффекта указан как ориентировочный для МСП).

Инструмент	Цель применения	Связь с культурой	Эффект (горизонт)
OCAI-диагностика	Оценка текущего и желаемого профилей культуры	Adhocracy/Clan/Market/Hierarchy	6–12 мес.
Кодекс ценностей компании	Фиксация культурного ядра через письменные артефакты	Усиление идентичности, снижение текучести	12–24 мес.
BPM-платформа (Camunda, Битрикс24)	Описание, автоматизация и мониторинг процессов	Формирует культуру процессной ответственности	3–6 мес.
Регулярные ретроспективы команд	Непрерывное улучшение (Kaizen)	Закрепляет установку на обратную связь	Постоянно
OKR / BSC	Декомпозиция стратегии до уровня сотрудника	Культура результата, причастность к цели	3–12 мес.
Программы наставничества	Передача культурного кода через опыт	Социализация, удержание носителей культуры	12+ мес.

Отрасль импорта и дистрибуции корейской косметики в России представляет аналитически ценный контекст для проверки авторской модели. Рост интереса российских потребителей к K-beauty привёл к тому, что за 2020–2025 годы на отечественный рынок вышло значительное число игроков — от небольших предпринимательских проектов до компаний с выстроенной дистрибьюторской сетью и собственными торговыми марками.

Анализ управленческих практик компаний данного сектора позволяет выделить несколько характерных паттернов. На начальной стадии (до 20–30 сотрудников) компании функционируют преимущественно в adhocracy-культуре: founder-зависимость высока, процессы не регламентированы, коммуникация неформальна. Такой формат позволяет занять нишу в условиях высокой неопределённости и быстро менять стратегию в ответ на рыночные сигналы.

По достижении порога в 30–50 сотрудников и появлении нескольких параллельных направлений (импорт, маркетинг, собственные бренды, розница) возникает системный кризис управляемости. Компании, в которых к этому моменту сформирован осознанный культурный код и внедрены базовые процессные инструменты (регламенты, OKR, CRM), преодолевают кризис с минимальными потерями и переходят в фазу масштабируемого роста. Компании, продолжающие работать исключительно в логике предпринимательского управления, либо стагнируют, либо теряют ключевых сотрудников.

Конкретным подтверждением данной закономерности служит опыт компании «Космарт», построившей систему управления импортом, дистрибуцией и маркетинговым продвижением корейских брендов (Celimax, Jmsolution, Masil) на российский рынок. Переход от предпринимательской модели к систематизированной операционной архитектуре был реализован через последовательное внедрение инструментов управления: финансового планирования, регламентации процессов закупок и логистики, формирования кросс-функциональных команд с чёткими KPI. Культурным фундаментом трансформации стала осознанная ставка на командность, прозрачность целей и культуру результата. В 2025 году компания запустила собственные бренды косметики, что потребовало перехода к ещё более зрелой процессной модели, включающей управление маркетинговым отделом как самостоятельным системным подразделением.

Данный кейс иллюстрирует ключевой тезис настоящего исследования: организационная культура не просто сопровождает трансформацию, но является её условием. Без целенаправленной работы с ценностями и нормами поведения ни регламенты, ни KPI, ни организационная структура не обеспечат устойчивого результата [10, 16].

На основе проведённого анализа автором сформулирован ряд практических рекомендаций для руководителей растущих компаний.

1) Следует начинать трансформацию с культурного аудита, а не с регламентов. Инструмент OCAI позволяет за 2–3 недели получить объективный культурный профиль компании и сформулировать гэп-анализ.

Полученные данные становятся основой для планирования изменений и коммуникации с командой.

2) Необходимо формировать культурный код как живую систему, а не декларативный документ. Ценности должны подтверждаться управленческими решениями: кого нанимают, кого повышают, как реагируют на ошибки. Любое расхождение между декларируемыми ценностями и реальным поведением руководства разрушает доверие и блокирует трансформацию.

3) Важно регламентировать процессы по принципу «от простого к сложному». Начинать следует с наиболее критических и повторяющихся процессов, где регламентация приносит очевидную пользу сотрудникам (сокращает неопределённость, снижает когнитивную нагрузку). Это формирует положительный опыт взаимодействия с процессным подходом и преодолевает начальное сопротивление.

4) Стоит внедрять систему регулярных ретроспектив на уровне команд. Ретроспективы — не просто инструмент Agile: это культурный ритуал, закрепляющий установку на непрерывное улучшение и открытую обратную связь. Их регулярное проведение постепенно формирует культуру процессной ответственности.

Заключение

В ходе настоящего исследования достигнута поставленная цель: выявлены механизмы влияния организационной культуры на переход компании от предпринимательского управления к процессно-ориентированной модели развития и разработана авторская модель такого перехода.

Предпринимательская и процессно-ориентированная модели управления представляют собой принципиально различные культурные архетипы: первая тяготеет к adhocracy-профилю, вторая опирается на сочетание clan- и hierarchy-характеристик по модели конкурирующих ценностей Камерона и Куинна. Переход между ними требует не только структурных изменений, но и целенаправленной трансформации ценностных установок, норм поведения и управленческих практик.

Авторская модель культурно-процессного перехода предлагает последовательность действий, в которой организационная культура выступает несущей конструкцией трансформации. Диагностика культурного гэпа, проектирование культурного кода, поэтапная регламентация процессов и создание системы непрерывного улучшения образуют взаимообусловленный цикл, обеспечивающий устойчивость изменений.

Практическая значимость исследования определяется тем, что предложенная модель и система управленческих инструментов применимы для руководителей МСП любой отрасли, находящихся в фазе перехода от предпринимательского управления к системному менеджменту. Разработанные рекомендации позволяют сократить временной горизонт и снизить риски трансформации за счёт последовательной работы с культурным фундаментом компании.

Литература

1. Arabeche Z., Soudani A., Brahmi M., Aldieri L., Vinci C. P., Abdelli M. E. A. Entrepreneurial orientation, organizational culture and business performance in small and medium-sized enterprises: Evidence from emerging economy // Sustainability. – 2022. – Т. 14. – № 9. – Article 5160. https://doi.org/10.3390/su14095160.
2. Basheer M. F., Sabir S. A., Raoof R., Ul Hameed W., Jabeen S. Impact of organizational characteristics on employees' entrepreneurial orientation with mediating role of knowledge process capabilities and moderating role of psychological factors in the era of COVID-19 // Frontiers in Psychology. – 2022. – Т. 13. – Article 799149. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.799149.
3. Bogale A. T., Debela K. L. Organizational culture: A systematic review // Cogent Business & Management. – 2024. – Т. 11. – № 1. – Article 2340129. https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2340129.
4. Михалёв И. И. Цифровая организационная культура промышленного предприятия // Среднерусский вестник общественных наук. – 2024. – Т. 19. – № 4. – С. 182–205. https://doi.org/10.22394/2071-2367-2024-19-4-182-205.
5. Столяров Н. О. Роль концептуальной модели в решении проблем управления организационной культурой компаний // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16. – № 10. – URL: https://1economic.ru/lib/116326.
6. Негруль С. В., Быков Р. А., Быкова Е. Ю. Организационная культура и вовлечённость руководства и сотрудников в высокотехнологичной компании: исследование опыта предприятия наукоёмкого бизнеса // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2024. – № 78. – С. 179–194. https://doi.org/10.17223/1998863X/78/15.
7. Parveen S., Abdullah I., Qureshi M. I., Farooq M. U., Qayuum S. Reconnoitering the nexus between organizational culture and open innovation systems // SAGE Open. – 2023. – Т. 13. – № 4. – С. 1–16. https://doi.org/10.1177/21582440231200319.
8. Zhang W., Zeng X., Liang H., Xue Y., Cao X. Understanding how organizational culture affects innovation performance: A management context perspective // Sustainability. – 2023. – Т. 15. – № 8. – Article 6644. https://doi.org/10.3390/su15086644.
9. Герасимов К. Б., Озернов Р. С. Влияние организационной культуры на инновационное поведение персонала // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2023. – Т. 14. – № 1. – С. 148–156. https://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-1-148-156.
10. Hasan E. F., Almubarak M. M. S., Al-Khasawneh A. L., Al-Hawary S. I. S. The role of organizational culture in digital transformation: Evidence from small and medium-sized enterprises // Journal of Risk and Financial Management. – 2025. – Т. 18. – № 3. – Article 147. https://doi.org/10.3390/jrfm18030147.
11. Сохряков И. В. Сущность внедрения процессно-ориентированной культуры в организации // Экономика и социум. – 2023. – № 12. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-vnedreniya-protsessno-orientirovannoy-kultury-v-organizatsii.
12. Министерство экономического развития Российской Федерации. Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/np_effektivnaya_i_konkurentnaya_ekonomika/fp_maloe_i_srednee_predprinimatelstvo_i_podderzhka_individualnoy_predprinimatelskoy_iniciativy/(дата обращения: 18.01.2026).
13. Число субъектов МСП в 2025 году увеличилось на 3% // Ведомости. – 2025. – 25 декабря. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2025/12/25/1166484-chislo-subektov-msp-uvelichilos (дата обращения: 20.02.2026).
14. Башмаков Д. В. Анализ содержания процессно-ориентированной культуры в современных организациях // Вестник университета. – 2025. – № 1. – С. 5–16. https://doi.org/10.26425/1816-4277-2025-1-5-16.
15. Герасимов К. Б. Влияние организационной культуры на эффективность деятельности // Основы экономики, управления и права. – 2023. – № 1 (36). – С. 43–49. https://doi.org/10.51608/23058641_2023_1_43.
16. Седых Н. К., Чайковская И. Н. Процессно-ориентированное управление горнопромышленным предприятием // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1 (115). – URL: https://research-journal.org/archive/1-115-2022-january/processno-orientirovannoe-upravlenie-gornopromyshlennym-predpriyatiem.
17. Как в России растет малое и среднее предпринимательство // Эксперт. – 2025. – 8 января. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://expert.ru/ekonomika/kak-v-rossii-rastet-maloe-i-srednee-predprinimatelstvo (дата обращения: 12.03.2026).
18. Еськин А. Процессное управление предприятием: предпосылки применения и организационная культура // Внедра. – 2024. – 17 декабря. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vnedra.ru/tehnologii/informacionnye-tekhnologii/proczessnoe-upravlenie-predpriyatiem-predposylki-primeneniya-i-organizaczionnaya-kultura-26463/ (дата обращения: 04.04.2026).
19. Правительство Российской Федерации. Александр Новак: В 2024 году сохраняется тенденция к росту численности МСП. – 2024. – 25 мая. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/news/51693/(дата обращения: 22.04.2026).

Organizational Culture as a Factor in a Company's Transition from Entrepreneurial Management to a Process-Oriented Development Model

Al-Khamid Malek

Atami LLC, Amrus LLC

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines organizational culture as a system-forming factor determining the success of a company's transformation from an entrepreneurial management model to a process-oriented model. The relevance of this study stems from the growing number of small and medium-sized businesses in the Russian Federation, which reached a record 6.76 million in 2025, and the objective need to systematize management in the context of business scaling. The aim of this study is to identify the mechanisms by which organizational culture influences a company's transition to process-oriented management and to develop a proprietary model for such a transition. The methodology utilizes a systematic literature review, a comparative analysis of organizational culture models (including the competing values model of K. Cameron and R. Quinn), and an analysis of practical cases from Russian companies. It is established that organizational culture serves as the supporting structure of transformation; without conscious management, process regulation does not lead to sustainable results. A proprietary model of cultural and process-oriented transition is proposed.

Keywords: organizational culture, process-oriented management, entrepreneurial management, company transformation, business scaling, competing values model, business processes, change management, small and medium-sized businesses, systems management.

References

1. Arabeche Z., Soudani A., Brahmi M., Aldieri L., Vinci C. P., Abdelli M. E. A. Entrepreneurial orientation, organizational culture and business performance in small and medium-sized enterprises: Evidence from emerging economies // Sustainability. – 2022. – T. 14. – No. 9. – Article 5160. https://doi.org/10.3390/su14095160.
2. Basheer M. F., Sabir S. A., Raoof R., Ul Hameed W., Jabeen S. Impact of organizational characteristics on employees' entrepreneurial orientation with mediating role of knowledge process capabilities and moderating role of psychological factors in the era of COVID-19 // Frontiers in Psychology. – 2022. – Vol. 13. – Article 799149. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.799149.
3. Bogale A. T., Debela K. L. Organizational culture: A systematic review // Cogent Business & Management. – 2024. – Vol. 11. – No. 1. – Article 2340129. https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2340129.
4. Mikhalev I. I. Digital organizational culture of an industrial enterprise // Central Russian Bulletin of Social Sciences. – 2024. – Vol. 19. – No. 4. – P. 182–205. https://doi.org/10.22394/2071-2367-2024-19-4-182-205.
5. Stolyarov N. O. The Role of the Conceptual Model in Solving the Problems of Managing the Organizational Culture of Companies // Creative Economy. - 2022. - Vol. 16. - No. 10. - URL: https://1economic.ru/lib/116326.
6. Negrul S. V., Bykov R. A., Bykova E. Yu. Organizational Culture and Management and Employee Engagement in a High-Tech Company: A Study of the Experience of a Knowledge-Intensive Business Enterprise // Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science. - 2024. - No. 78. - P. 179-194. https://doi.org/10.17223/1998863X/78/15.
7. Parveen S., Abdullah I., Qureshi M. I., Farooq M. U., Qayuum S. Reconnoitering the nexus between organizational culture and open innovation systems // SAGE Open. – 2023. – T. 13. – No. 4. – P. 1–16. https://doi.org/10.1177/21582440231200319.
8. Zhang W., Zeng X., Liang H., Xue Y., Cao X. Understanding how organizational culture affects innovation performance: A management context perspective // Sustainability. – 2023. – Vol. 15. – No. 8. – Article 6644. https://doi.org/10.3390/su15086644.
9. Gerasimov K. B., Ozernov R. S. The influence of organizational culture on the innovative behavior of personnel // Bulletin of Samara University. Economics and Management. – 2023. – Vol. 14. – No. 1. – Pp. 148–156. https://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-1-148-156.
10. Hasan E. F., Almubarak M. M. S., Al-Khasawneh A. L., Al-Hawary S. I. S. The role of organizational culture in digital transformation: Evidence from small and medium-sized enterprises // Journal of Risk and Financial Management. – 2025. – Vol. 18. – No. 3. – Article 147. https://doi.org/10.3390/jrfm18030147.
11. Sokhryakov I. V. The essence of implementing a process-oriented culture in an organization // Economy and Society. – 2023. – No. 12. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-vnedreniya-protsessno-orientirovannoy-kultury-v-organizatsii.
12. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Small and Medium Entrepreneurship and Support for Individual Entrepreneurial Initiatives. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.economy.gov.ru/material/directions/np_effektivnaya_i_konkurentnaya_ekonomika/fp_maloe_i_srednee_predprinimatelstvo_i_podderzhka_individualnoy_predprinimatelskoy_iniciativy/ (date of access: 18.01.2026).
13. The number of SMEs in 2025 increased by 3% // Vedomosti. – 2025. – December 25. [Electronic resource]. – Access mode: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2025/12/25/1166484-chislo-subektov-msp-uvelichilos (date of access: 20.02.2026).
14. Bashmakov D. V. Analysis of the content of process-oriented culture in modern organizations // Bulletin of the University. – 2025. – No. 1. – Pp. 5–16. https://doi.org/10.26425/1816-4277-2025-1-5-16.
15. Gerasimov K. B. The influence of organizational culture on performance // Fundamentals of Economics, Management and Law. – 2023. – No. 1 (36). – Pp. 43–49. https://doi.org/10.51608/23058641_2023_1_43.
16. Sedykh N. K., Chaikovskaya I. N. Process-oriented management of a mining enterprise // International Research Journal. - 2022. - No. 1 (115). - URL: https://research-journal.org/archive/1-115-2022-january/processno-orientirovannoe-upravlenie-gornopromyshlennym-predpriyatiem.
17. How small and medium-sized businesses are growing in Russia // Expert. - 2025. - January 8. [Electronic resource]. – Available at: https://expert.ru/ekonomika/kak-v-rossii-rastet-maloe-i-srednee-predprinimatelstvo (Accessed: March 12, 2026).
18. Eskin, A. "Process-Based Enterprise Management: Application Prerequisites and Organizational Culture" // Vnedra. – December 17, 2024. [Electronic resource]. – Available at: https://www.vnedra.ru/tehnologii/informacionnye-tekhnologii/proczessnoe-upravlenie-predpriyatiem-predposylki-primeneniya-i-organizaczionnaya-kultura-26463/ (accessed on April 4, 2026).
19. Government of the Russian Federation. Alexander Novak: The trend toward growth in the number of SMEs will continue in 2024. – 2024. – May 25. [Electronic resource]. – Available at: http://government.ru/news/51693/ (accessed on April 22, 2026).

Корпоративный бренд как управленческий актив предприятия сферы ресторанных услуг

Аствацатурянц Вардан Ваганович
аспирант, РУДН, 6492925@gmail.com

В статье рассматривается корпоративный бренд как один из ключевых нематериальных активов предприятия сферы услуг. Актуальность темы определяется тем, что в условиях высокой конкуренции и усложнения потребительского поведения бренд перестает выполнять только функцию внешнего обозначения компании и становится инструментом стратегического управления, влияющим на доверие, лояльность, устойчивость рыночной позиции и восприятие качества услуги. Особое внимание уделяется содержанию понятий бренда и брендинга, структуре капитала бренда, а также основным задачам управления брендом в современной организации.

В работе раскрывается специфика сервисного бренда по сравнению с товарным брендом. Показано, что бренд услуги формируется не только через название, визуальную идентичность и коммуникационную стратегию, но и через качество обслуживания, поведение персонала, сервисную среду, атмосферу взаимодействия с клиентом и способность компании поддерживать стабильный уровень потребительского опыта. Для предприятий ресторанной сферы это имеет особое значение, поскольку потребитель оценивает не только продукт, но и совокупность впечатлений, возникающих в процессе получения услуги. Сделан вывод о том, что развитие корпоративного бренда в ресторанном бизнесе требует комплексного подхода, включающего стратегическое позиционирование, управление репутацией, формирование эмоциональной связи с клиентами и последовательное развитие стандартов сервиса.

Ключевые слова: корпоративный бренд, брендинг, бренд услуг, капитал бренда, сервисная компания, ресторанный бизнес, клиентский опыт, лояльность потребителей.

Основная часть

Рассмотрение определений бренда, характеризующих этот актив компании с разных позиций, позволит сформировать полноценное видение объекта исследования. Известный американский учёный в области управления Ф. Котлер описывает бренд именно как набор элементов, например, имени, обозначения, символики или дизайна, или же их интеграции, цель которых — узнаваемость продукции или услуг определённого продавца или группы продавцов, а также их дифференциация от аналогичных предложений конкурентов; в то же время, авторитетный эксперт в сфере брендинга К. Л. Келлер характеризует бренд именно как определенную совокупность ассоциаций, возникающих непосредственно у потребителей, которые придают товару дополнительную ценность непосредственно в их восприятии [3]. Д. Аакер одним из определений бренда приводит следующее: «Бренд – это рыночный инструмент воздействия на сознание потребителей и на покупательский выбор»[4].

Бренд — это больше, чем просто логотип или название компании. Это совокупность впечатлений, которые люди получают о продукте, услуге, компании или личности. Создавая бренд компании, мы определяем ее идентичность, ценность, стиль и способы коммуникации с клиентами.

В стратегии развития организации ключевая роль бренда заключается в формировании добавленной стоимости к продукту. Обрамление продукта в виде бренда стимулирует людей платить больше, чем за схожий продукт без ценностного дополнения в виде качественного бренда [5]. Здесь речь идет о капитале бренда, который представляет собой совокупность активов, увеличивающих ценность товара или услуги для клиентов. Капитал бренда включает в себя 5 основных показателей (см рисунок 1).

Рисунок 1 – Капитал бренда и его цикл
Составлено автором на основе [5]. [6]

1. Лояльность к бренду – привлечение и удержание клиентской аудитории, которая будет выбирать конкретный бренд, основываясь на крепких и доверительных отношениях с компанией;
2. Осведомленность о бренде – знакомство с брендом и укоренение его в сознании потребителей путем создания ассоциаций;
3. Ассоциации с брендом – формирование в сознании потребителей привязок бренда к событию или категории товаров. Некоторые ученые, которые изучают данный вопрос, сходятся во мнении о том, что успех бренда олицетворяется тем, что покупатели при необходимости покупки чего-либо вспоминают первым делом бренд конкретной фирмы без дополнительных рекламных напоминаний;
4. Воспринимаемое качество бренда – наличие сильного бренда способно повышать субъективное восприятие качества продукции;
5. Конкурентные преимущества – причины покупки товара конкретного производителя [6].

Каждая компания, стремящаяся к развитию и коммерческому успеху, должна иметь свой бренд для выделения на фоне конкурентов и донесения до целевой аудитории ценностей и смыслов, заложенных в

стратегическом позиционировании [7]. Тренд на смещение акцента фирмы с товаров на смыслы стимулирует расширение знаний о сфере бренд-менеджмента, а значимость долгосрочного развития бренда как стратегического приоритета фирмы увеличивается ежегодно.

Брендинг — это стратегический процесс формирования, развития и управления брендом с целью создания уникального образа компании на рынке. Он помогает повысить узнаваемость бизнеса, привлечь внимание потребителей и обеспечить конкурентное преимущество.

В отечественной школе стратегирования академика В. Л. Квинта под брендом понимается стратегически и целенаправленно созданное и устойчивое представление об объекте стратегирования. [8]

Таблица 1
История отечественного брендинга [9]

Этап	Характеристики	Особенности развития брендинга
Этап I (до середины 1990-х)	Разложение административно-командной системы; стремительный рост рыночных отношений; увеличение покупательской способности населения	В условиях острого товарного голода, любой бренд, появляющийся на прилавках, моментально находил своего покупателя
Этап II (до 2005 г.)	Насыщение рынка марочными товарами; трансформация общественного сознания; формирование структурированного рынка	Бренды усиленно стремятся завоевать доверие потребителей; наблюдается активное проникновение иностранных марок и зарождение национальных брендов
Этап III (с 2005 г. до сегодняшнего дня)	Переход к потребительской экономике; информационное перенасыщение общества; повышение стандартов к брендам на эмоциональном и функциональном уровнях; изысканность в предпочтениях и вкусах потребителей	Потребители становятся всё более искушёнными и требовательными, а бренды — всё более многогранными; конкуренция перемещается в плоскость брендового восприятия

Бренд уже давно рассматривается как нечто большее, чем просто средство индивидуализации. Это комплексный инструмент, который позволяет сформировать долгосрочную потребительскую лояльность с целью масштабирования коммерческих результатов организации.

Многие сервисные организации неверно исходят из предпосылки, что брендирование является исключительной сферой товарного сектора; однако, с умелым подходом к разработке маркетинговой стратегии, выработке концепции бренда и корпоративного стиля, сервисные компании также могут извлечь все преимущества, связанные с брендом.

Стратегическое позиционирование на основе бренда услуг представляет собой задачу более высокой сложности по сравнению с товарными брендами; и для наглядности различий непосредственно между брендами товаров и услуг обратимся к сопоставительной таблице, представленной ниже.

Таблица 3
Сравнение бренда товаров и услуг

Бренд товаров	Бренд услуг
Осязаем, располагает постоянной формой и в то же время свойствами	Неосязаемы, и при этом они зависят непосредственно от того, кто именно предоставляет услугу
Вещь	Деятельность, процесс
Производство, и кроме того, потребление, чаще всего, во времени и в пространстве не совпадают	Производство и потребление совпадают во временном измерении и в пространстве (нельзя отделять от самого источника)
Качество установлено до покупки	Качество вполне возможно определить только во время получения услуги как длительный процесс
Покупатели, чаще всего, не участвуют в ходе производства	Интегрированный процесс
Могут отправляться по праву собственности	По праву собственности не могут быть переданы

Источник: [4],[5],[6]

Осмыслим ключевые отличия в стратегиях продвижения брендов товаров и услуг: первый обладает фиксированными характеристиками и формой, в то же время как услуга представляет собой взаимодействие, наполненное эмоциями, между клиентом и поставщиком услуги.

Бренд, связанный с услугами, уникален непосредственно тем, что его ценность формируют люди, стоящие за его предложением; в свою очередь сотрудники, оказывающие услуги, становятся живым воплощением бренда и его основой; качество обслуживания клиентов превращается в центральный элемент брендинга услуг.

В контексте услуг, представители бренда в лице персонала сами по себе становятся символом бренда и носителям отличительных черт (если они не обладают нужными навыками для обеспечения наиболее эффективного взаимодействия с клиентами, это может привести к разрыву связей между клиентами и брендом; и следовательно, компании, предоставляющие услуги, должны акцентировать свое внимание непосредственно на развитии своих сотрудников и в то же время на создании благоприятной корпоративной атмосферы).

А для того, чтобы сервисные компании достигли определенного успеха, они должны в первую очередь проработать корпоративную культуру и стандарты обслуживания, которые будут последовательно применяться непосредственно во всех точках контакта с клиентами.

В заключение, для обеспечения успеха бренда услуг, стоит придерживаться ряда стратегических рекомендаций:

- Сформировать эффективную цепочку коммуникаций с клиентами и партнёрами, освоив искусство диалога и активного внимания к потребностям клиентов.

- Стремиться к постоянному созданию положительных эмоций у клиентов, превосходя их ожидания и желания, чтобы каждый раз предоставлять нечто большее. На первом месте в стратегии выхода – превосходный сервис, привязывающий потребителя к бренду сильнее ценовой политики.

- Выстраивать отношения с клиентами на принципах партнёрства и доверия (это важно для роста уровня брендовой ценности не только в глазах корпоративных клиентов, но и в широкой потребительской аудитории).

Вторая важная составная часть — атмосфера, создаваемая внутренним пространством компании, является ключевым элементом в брендинге услуг, и такое сервисное окружение оказывает существенное влияние на восприятие бренда потребителями; при этом согласно концепции Битнера, создателя понятия сервисного пространства, эта среда включает в себя как физические, так и абстрактные элементы, созданные для предоставления услуг потребителям; ароматное и музыкальное оформление, цветовая гамма и температурный режим относятся к нематериальным аспектам, в то время как интерьер, оборудование и архитектура являются материальными составляющими.[10],[11]

Гармония внешнего вида и стиля сервисного пространства, где происходит взаимодействие между поставщиками услуг и клиентами, играет важную роль; проблематика создания подходящей атмосферы заключается в необходимости соответствия ожиданиям различных клиентов; стоит отметить восприятие атмосферы сервиса может довольно сильно различаться среди потребителей, вызывая при этом разнообразные эмоциональные реакции, что может быть обусловлено культурными и индивидуальными особенностями; поэтому создание такой атмосферы и окружения, которые будут отвечать потребностям максимально широкой аудитории, становится приоритетной задачей для сервисных организаций.

Проанализировав отличительные черты сервисных брендов (их особенности по сравнению с товарными), представляется целесообразным понять их особенности непосредственно в стратегии создания бренда (См.табл.):

Таблица 4
Ключевые аспекты стратегии брендинга для сервисных компаний

Особенность	Описание	Примеры
Целевая аудитория	Сервисные бренды должны определять и обслуживать конкретную целевую аудиторию, а не массовый рынок. Это позволяет брендам создавать более персонализированные и эффективные стратегии маркетинга.	“Село Зелёное” - молочные продукты для горожан, выбирающих качественное питание.
Значимость бренда	Важно сосредоточиться на значимости бренда для потребителя, предоставляя уникальные ценности и обещания, которые отличают бренд от конкурентов.	“Газпром” со слоганом “Национальное достояние” подчеркивает свою роль в экономике и культуре страны.
Стратегия развития	Сервисные компании должны стремиться к увеличению дохода, развиваясь внутренне и удовлетворяя потребности своей аудитории через инновации и улучшение сервиса.	Ресторанный бренд, расширяющий своё меню и внедряющий новые технологии для улучшения обслуживания клиентов.
Роль персонала	Персонал является ключевым элементом сервисного бренда, отражающим его сущность и ценности через общение и обслуживание клиентов.	Сеть ресторанов «Кофемания», имеющая свою академию сервиса, где обучается персонал, повышается квалификация

Источник: [6],[7],[8]

В современных условиях стратегия компании не может рассматриваться в отрыве от работы с капиталом бренда. Именно бренд во многом обеспечивает длительное присутствие организации на рынке, ее узнава-

емость, устойчивость и способность выдерживать конкурентное давление. Последовательное развитие бренда на основе комплексного подхода и использования инновационных решений создает основу для формирования сильного корпоративного образа и делает предприятие более заметным для потребителя. Если же бренд не включен в число стратегических приоритетов, товар или услуга неизбежно проигрывают тем предложениям, за которыми стоит уже сложившийся бренд со своей историей, ценностями и репутацией.

Если рассматривать этот вопрос глубже, становится очевидно, что стратегия бренда влияет не только на коммуникацию с рынком, но и на более широкий круг решений компании. Она задает ориентиры для производства, определяет подходы к упаковке, мерчендайзингу и рекламному продвижению. По сути, бренд выступает не внешней оболочкой корпоративной стратегии, а одним из ее базовых элементов.

Разработка бренд-стратегии начинается с анализа внешней и внутренней среды предприятия. Без этого невозможно получить целостное представление о том, в каких условиях существует и развивается данный нематериальный актив. В ситуации технологических сдвигов и усиливающейся конкуренции такой анализ не может носить разовый характер. Он должен сопровождать компанию на всем протяжении ее жизненного цикла. Следующим шагом становится формулирование миссии, поскольку именно через нее определяются ценности, которые в дальнейшем будут заложены в коммуникацию бренда и соотнесены с целями организации. Исходя из миссии, компания определяет желаемое стратегическое позиционирование на рынке. После того как сформирован комплекс стратегических документов, это позиционирование должно получить отражение в коммуникационной стратегии бренда. Такая стратегия ориентируется на конкретную аудиторию, использует подходящие каналы взаимодействия и опирается на адекватные инструменты и содержательные посылы. Отсюда становится очевидной значимость предварительного сбора информации и точного определения целевого потребителя.

Выводы

Корпоративный бренд в сфере ресторанных услуг следует рассматривать как управленческий актив, формируемый не только коммуникационной политикой, но и качеством сервиса, поведением персонала и общей атмосферой взаимодействия с клиентом. Для предприятий ресторанной сферы развитие бренда требует системной работы с лояльностью, идентичностью, репутацией и клиентским опытом, поскольку именно эти элементы определяют устойчивость бренда в конкурентной среде.

Литература

1. Варданян А. А. Стратегический брендинг: теория и практика формирования бренда // Вестник экспертного совета. 2022. Т. 29. № 2. С. 106–113.
2. Kotler P. Principles of marketing. Prentice-Hall, 1980. 728 p.
3. Keller K. L. Strategic brand management: Building, measuring, and managing brand equity. Prentice Hall, 2005. 704 p.
4. Batra R., Myers J. G., Aaker D. A. Advertising management. Prentice Hall, 1996. 754 p.
5. Ходыревская В. Н., Бузюнова И. А., Бузюнова С. А. Капитал Бренда – инновационный инструмент в системе стратегического управления основным капиталом // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 12–16.
6. Хворостяная А. С. Трансформация системы стратегических коммуникаций предприятий легкой промышленности и индустрии моды // Стратегирование: теория и практика. 2024. Т. 4. № 1. С. 85–95.
7. Rubiyanti N., Mohaidin Z. The role of brand personality appeal and self-brand connection in determining brand resonance // International Journal of Law, Government and Communication. 2022. Vol. 7. № 29. P. 72–80.
8. Долгова И. В. Эмоциональные мотиваторы как инструмент создания долгосрочной ценности бренда // Вестник экспертного совета. 2020. Т. 21–22. № 2–3. С. 49–54.
9. Квинт В. Л. Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке. М.: Бизнес атлас, 2022. 627 с.
10. Тимохович А. Н., Булычева О. С. Технологии персонализации маркетинговых коммуникаций брендов при помощи искусственного интеллекта // Цифровая социология. 2020. Т. 3. № 4. С. 19–24.
11. Ляшков А. В., Анисимов А. Ю. Формирование методики оценки уровня цифровой зрелости предприятий ресторанного бизнеса // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2025. Т. 11. № 1. С. 70–84.

Corporate brand as a management asset of a restaurant services enterprise

Astvatsaturyants V.V.
RUDN University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the corporate brand as one of the key intangible assets of a service enterprise. The relevance of the topic is determined by the fact that, under conditions of intense competition and increasingly complex consumer behavior, the brand no longer performs only the function of external company identification. It becomes an instrument of strategic management that affects trust, loyalty, market stability and the perceived quality of services. Special attention is paid to the content of the concepts of brand and branding, the structure of brand equity, and the main objectives of brand management in a modern organization.

The article reveals the specific features of a service brand in comparison with a product brand. It is shown that a service brand is formed not only through its name, visual identity and communication strategy, but also through service quality, employee behavior, the service environment, the atmosphere of interaction with the customer and the company's ability to maintain a stable level of customer experience. This is especially important for restaurant enterprises, since the consumer evaluates not only the product itself, but also the entire set of impressions arising in the process of receiving the service. The article concludes that the development of a corporate brand in the restaurant business requires an integrated approach, including strategic positioning, reputation management, the formation of an emotional connection with customers and the consistent development of service standards.

Keywords: corporate brand, branding, service brand, brand equity, service company, restaurant business, customer experience, consumer loyalty.

References

1. Vardanyan, A. A. "Strategic Branding: Theory and Practice of Brand Formation." Bulletin of the Expert Council. 2022. Vol. 29, No. 2, pp. 106–113.
2. Kotler, P. "Principles of Marketing." Prentice-Hall, 1980. 728 p.
3. Keller, K. L. "Strategic Brand Management: Building, Measuring, and Managing Brand Equity." Prentice Hall, 2005. 704 p.
4. Batra, R., Myers, J. G., Aaker, D. A. "Advertising Management." Prentice Hall, 1996. 754 p.
5. Khodyrevskaya, V. N., Buzyunova, I. A., Buzyunova, S. A. "Brand Capital – an Innovative Tool in the System of Strategic Fixed Capital Management." Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019. No. 4. Pp. 12–16.
6. Khvorostyanaya A. S. Transformation of the Strategic Communications System of Light Industry and Fashion Industry Enterprises // Strategizing: Theory and Practice. 2024. Vol. 4. No. 1. Pp. 85–95.
7. Rubiyanti N., Mohaidin Z. The Role of Brand Personality Appeal and Self-Brand Connection in Determining Brand Resonance // International Journal of Law, Government and Communication. 2022. Vol. 7. No. 29. Pp. 72–80.
8. Dolgova I. V. Emotional Motivators as a Tool for Creating Long-Term Brand Value // Bulletin of the Expert Council. 2020. Vol. 21–22. No. 2–3. Pp. 49–54.
9. Kvint V. L. Strategic Management and Economics in the Global Emerging Market. Moscow: Business Atlas, 2022. 627 p.
10. Timokhovich A. N., Bulycheva O. S. Technologies for personalizing brand marketing communications using artificial intelligence // Digital Sociology. 2020. Vol. 3. No. 4. pp. 19–24.
11. Lyashkov A. V., Anisimov A. Yu. Formation of a methodology for assessing the level of digital maturity of restaurant business enterprises // Scientific Result. Business and Service Technologies. 2025. Vol. 11. No. 1. pp. 70–84.

Совершенствование политики привлечения персонала в условиях трудодефицитной конъюнктуры рынка на примере торговой сети «Пятёрочка»

Березовский Кирилл Степанович
магистрант, Новосибирский государственный технический университет, Kirya.Leksuss@gmail.com

В статье анализируется современный российский рынок труда, развивающийся в условиях дефицита кадров. Розничная торговля, являясь одной из крупнейших отраслей по количеству трудоустроенных граждан, испытывает наиболее сильное давление. Цель данного исследования заключается в разработке научно-обоснованных рекомендаций по модернизации кадровой политики торговой сети «Пятёрочка» в условиях системного дефицита рабочей силы на рынке труда. Методологическую основу исследования составил комплексный подход, включающий в себя сравнительный и SWOT-анализ, моделирование HR-процессов на основе открытых данных компании X5 Group и макроэкономической статистики за 2024-2026 годы. В результате проведенного анализа идентифицированы ключевые барьеры найма линейного персонала, вызванные жесткой конкуренцией со стороны сектора e-commerce. Автором обоснована трехвекторная модель совершенствования политики привлечения кадров, базирующаяся на кастомизации ценностного предложения работодателя (EVP) под конкретные микросегменты соискателей, автоматизации рекрутинговой воронки с помощью технологий искусственного интеллекта для минимизации показателя Time-to-Hire, а также на развитии геймифицированных реферальных программ. Практическая реализация предложенных мер позволит снизить стоимость найма, повысить конверсию откликов и обеспечить кадровую устойчивость розничного бизнеса.

Ключевые слова: дефицит кадров, привлечение персонала, «Пятёрочка», рынок труда, рекрутинг.

Введение

На сегодняшний день российский рынок труда функционирует в условиях дефицита кадров. Розничная торговля, являясь одной из крупнейших отраслей по количество трудоустроенных граждан, испытывает наиболее сильное давление [1, с. 36]. Торговая сеть «Пятёрочка», как лидер сегмента «магазины у дома», сталкивается с необходимостью ежегодного найма десятков тысяч сотрудников.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что традиционные методы найма персонала (размещение вакансий на сайтах по поиску работы) уже неэффективны ввиду изменения психологических установок соискателя, который теперь диктует условия работодателю.

Целью статьи является разработка разработка научно-обоснованных рекомендаций по модернизации кадровой политики торговой сети «Пятёрочка» в условиях системного дефицита рабочей силы на рынке труда.

Материалы и методы. В ходе исследования использовались такие методы как аналитический (изучение годовых отчетов компании X5 Group и открытых данных по текучести кадров), социологический метод (анализ отзывов соискателей на таких платформах как HeadHunter, Avito, профессиональные форумы), метод сравнительного анализа (сопоставление условий найма сотрудников «Пятерочки» с прямыми конкурентами Дикси, Магнит, маркетплейсы), SWOT-анализ (оценка текущей политики привлечения персонала).

Результаты и обсуждения. Современное состояние рынка труда в России обусловлено влиянием нескольких макрофакторов, среди которых можно отметить последствия «демографической ямы» 1990-х годов, рост оборонно-промышленного сектора, где трудится большое количество рабочей силы, стремительное развитие индустрии e-commerce [2, с. 304].

Для розничных сетей формата «у дома» наибольшую угрозу представляет сектор e-commerce и логистики. Профессии курьера или комплектовщика заказов на складах маркетплейсов стали наиболее востребованными и высокооплачиваемыми по сравнению с профессией продавца-кассира [4, с. 103]. При этом в секторе e-commerce соискателям предлагаются такие выгодные условия, как сдельная и зачастую более высокая оплата труда, свободный или гибкий график работы через мобильные приложения, минимальный уровень эмоционального выгорания за счет отсутствия прямого контакта с покупателями в торговом зале [3, с. 85].

В таблице 1 представлены результаты сравнительного анализа ключевых параметров привлекательности рабочих мест для линейного персонала в 2025-2026 году.

Таблица 1
Сравнительный анализ параметров привлекательности рабочих мест для линейного персонала

Параметр сравнения	Торговая сеть («Пятерочка»)	Сектор e-commerce / склады /доставка
Средний уровень дохода	Фиксированный оклад +премия (средний по рынку)	Сдельная оплата (часто выше рынка на 15-25%)
Гибкость графика	Жесткие смены (2/2, 5/2), привязка к часам работы магазина	Свободный выбор смен через платформенные приложения
Функциональные обязанности	Многозадачность (касса, выкладка, чистота)	Монотонный, но узкоспециализированный труд
Физическая и психоэмоциональная нагрузка	Высокая (работа с недовольством клиентов, большая ответственность)	Высокая физическая, низкая психологическая нагрузка

На основе проведенного анализа был проведен SWOT-анализ политики привлечения персонала в торговую сеть «Пятерочка», результаты отображены в таблице 2.

Для преодоления кадрового голода в компании политика привлечения персонала торговой сети «Пятерочка» должна трансформироваться из реактивной модели (закрытие вакансий по факту увольнения) в проактивную маркетинговую стратегию «охоты за талантами» на уровне массовых профессий [5, с.486]. В соответствии с этим предлагается трехвекторная модель модернизации данной системы.

Таблица 2
SWOT-анализ системы привлечения персонала в торговую сеть «Пятерочка»

Сильные стороны	Слабые стороны
-Узнаваемый бренд федерального масштаба -Гарантия стабильной «белой» зарплаты -Шаговая доступность рабочего места от дома -Развитые институты внутреннего обучения и карьерного роста	- Жесткие рамки корпоративных стандартов -Высокая интенсивность труда в пиковые часы -Длительный цикл согласования кандидатов в ряде регионов -Сравнительно невысокая скорость индексации базовой ставки
Возможности	**Угрозы**
-Автоматизация воронки подбора персонала с помощью ИИ -Развитие программ частичной занятости (микросмены) -Привлечение самозанятых и новых демографических групп (активные пенсионеры, студенты)	-Дальнейший рост зарплатного демпинга со стороны маркетплейсов -Снижение миграционных потоков вследствие ужесточения законодательства - Усиление негативного имиджа ритейла как «тяжелого» работодателя

Рис 1. Модернизация политики привлечения персонала в ТС «Пятерочка»

Репозиционирование ценностного предложения работника (EVP) обусловлено тем, что стандартные лозунги о «стабильности» и «официальном трудоустройстве» в 2026 году воспринимаются соискателя как обычный минимум условий труда, а не конкурентное преимущество. В связи с этим необходимо дифференцировать EPV под конкретные целевые микросегменты:

1. Сегмент «Молодежь / Студенты», для которого ключевым фактором является финансовая независимость без ущерба учебе. Предлагается внедрение концепции «Быстрые деньги» - ежедневные выплаты за отработанные часы (развитие проекта X5 Group «Гибкая занятость» через платформу самозанятых);

2. Сегмент «Мамы в декрете и женщины с семейными обязанностями», для которых ключевым фактором является стабильность и предсказуемость. Для такого категории необходима разработка контрактов с фиксированными короткими сменами, например, только с 10:00 до 14:00, когда дети находятся в школе или детском саду.

3. Сегмент «Старшее поколение (55+)», для которым ключевым фактором является уважение, снижение физических нагрузок, например, исключение из их обязанностей разгрузки тяжелых паллет, наличие расширенного социального пакета (льготное ДМС, корпоративные скидки на продукты питания) [8, с. 57].

«Одной из главных задач можно назвать привлечение и закрепление специалистов нового молодого поколения. Если руководство будет уделять недостаточное внимание к проблеме адаптации новых работников, то результаты подбора, поиска и первичного обучения сотрудников сведутся к нулю» [6, с. 99].

Следующим предложением по привлечению персонала торговой сети «Пятерочка» является автоматизация рекрутинговой воронки и минимизация Time-to-Hire. В условиях дефицита кадров скорость ответа соискателю становится решающим фактором. Если кандидат оставляет отклик, он долен получить приглашение на работу в течение максимум нескольких часов, иначе его перехватят конкуренты [9, с. 530]. В связи с этим предлагается внедрение обновленного алгоритма бесшовного найма, управляемого ИИ-ботом:

1. На первом этапе происходит отклик через QR-код на чеке или плакате в магазине, который ведет на короткую анкету в Telegram-боте (ФИО, телефон, желаемый магазин)

2. На втором этапе происходит автоматический скоринг кандидата чат-ботом за 5 минут, проведение первичного текстового или голосового интервью.

3. На третьем этапе происходит автоматическое бронирование времени собеседования с директором магазина в его рабочем календаре без участия HR-специалиста бэк-офиса. Target-показатель TTH (от клика до оффера) долен составлять не более 12 часов.

Третьим предложением по привлечению персонала торговой сети «Пятерочка» является развитие внутренних и реферальных каналов привлечения персонала. Программа «Приведи друга» доказала свою экономическую эффективность в массовом наборе, однако в условиях дефицита рабочей силы на рынке труда ее условия требуют радикального пересмотра [10, с. 150]. Предлагается трансформировать ее в геймифицированную реферальную систему за счет:

1. Увеличения размера разовой выплаты за привлеченного сотрудника (достигшего периода адаптации в 3 месяца)

2. Внедрение прогрессивной шкалы, которая заключается в том, что если действующий сотрудник приводит второго и третьего кандидата, то размер бонуса увеличивается;

3. Выплата бонусов не только деньгами, но и внутренними баллами программы лояльности «X5 Клуб», которыми можно оплачивать до 100% покупок в магазинах сети, что повышает вовлеченность самого персонала [7].

Обсуждение

Реализация предложенных мероприятий сопряжена с необходимостью перестройки внутренних бизнес-процессов. Директора магазинов должны пройти обучение по управлению распределенными и частично занятыми командами. С экономической точки зрения, инвестиции в автоматизацию подбора и повышение реферальных выплат будут компенсированы за счет снижения стоимости привлечения одного сотрудника. Автоматизация рекрутинговой воронки позволит сократить расходы на платное размещение вакансий на сторонних порталах на 20-25 %, повысить конверсию из отклика в фактический выход на работу на 15% за счет сокращения времени рассмотрения резюме, снизить уровень дефицита кадров в пиковые предновогодние и сезонные периоды до контролируемых 2-3%.

Заключение

В условиях затяжной трудодефицитной конъюнктуры рынка розничный бизнес больше не может рассчитывать на экстенсивные методы привлечения персонала. Пример торговой сети «Пятерочка» наглядно демонстрирует, что победа в конкурентной борьбе за линейные кадры требует коренной перестройки философии подбора и привлечения кадров.

Совершенствование политики привлечения персонала должно базироваться на переходе от унифицированного подхода к кастомизированному маркетингу рабочих мест, максимальном ускорении транзакционных процедур найма посредством цифровизации и активном использовании гибких форм занятости. Реализация предложенных рекомендаций позволит торговой сети «Пятерочка» сохранить лидерские позиции на рынке и минимизировать риски, связанные с кадровым ГОДОМ.

Литература

1. Антосик Л. Дефицит кадров - стимул или ограничение инвестиций российских предприятий? // Экономическая политика. 2025. Т. 20, № 6. С. 36-67.

2. Балдина Е.И. Развитие адаптационных механизмов системы кадрового менеджмента // Экономика устойчивого развития. 2025. № 3(63). С. 304-307.

3. Бандейкина Н. Н. Социальная политика организации как инструмент привлечения и удержания персонала в условиях дефицита кадров // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2024. № 5(138). С. 85-87.

4. Воробьев В.А. Удержание кадров: систематический обзор // Менеджер здравоохранения. 2025. № 11. С. 103-118.

5. Ишкуватов И. Ш. Источники и методы привлечения персонала в условиях дефицита кадров // Мавлютовские чтения: Материалы XVII Всероссийской молодёжной научной конференции. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 486-490.

6. Койвистойнен А. А. Анализ и оценка системы управления персоналом на примере ООО "Пятерочка" // Modern Science. 2020. № 3-1. С. 99-104.

7. Официальный сайт X5 Group [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.x5.ru/?ysclid=mpuxzm4fhb69544027 (дата обращения: 01.06.2026).

8. Потрясова Е. О. HR-брендинг как инструмент развития системы управления персоналом // Лучшая студенческая статья 2024: Сборник статей XIV Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. С. 57-61.

9. Терелецкова Е. В. Механизмы привлечения и удержания персонала в условиях дефицита кадров // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2025. № 5(105). С. 530-534.

10. Чурюмова Л. Г. Инструменты управления персоналом в условиях дефицита кадров // Материалы XXIX региональной конференции

молодых ученых и исследователей Волгоградской области: сборник статей молодых ученых. Волгоград: РАНХиГС, 2025. С. 150-152.

Improving staff recruitment policy in the context of labor shortage market conditions using the example of the pyaterochka retail chain

Berezovsky K.S.
Novosibirsk State Technical University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article analyzes the current Russian labor market, which is developing in the context of a shortage of personnel. Retail trade, being one of the largest industries in terms of the number of employed citizens, is experiencing the most severe pressure. The purpose of this study is to develop scientifically based recommendations for modernizing the personnel policy of the Pyaterochka retail chain in the context of a systemic shortage of labor in the labor market. The study was based on a comprehensive approach that included comparative and SWOT analysis, and modeling of HR processes based on open data from X5 Group and macroeconomic statistics for 2024-2026. The analysis identified key barriers to hiring line staff due to fierce competition from the e-commerce sector. The author substantiates a three-vector model of improving the recruitment policy, based on customizing the employer's value proposition (EVP) for specific micro-segments of applicants, automating the recruitment funnel using artificial intelligence technologies to minimize the Time-to-Hire indicator, and developing gamified referral programs. The practical implementation of the proposed measures will reduce the cost of hiring, increase the conversion rate of responses, and ensure the staff sustainability of the retail business.

Keywords: staff shortage, staff recruitment, Pyaterochka, labor market, recruitment.

References

1. Antosik L. Is the shortage of personnel an incentive or a limitation for Russian enterprises' investments? // Economic Policy. 2025. Vol. 20, No. 6. Pp. 36-67.
2. Baldina E.I. Development of adaptive mechanisms for the personnel management system // Economics of Sustainable Development. 2025. No. 3(63). Pp. 304-307.
3. Bandeykina N. N. Social policy of the organization as a tool for attracting and retaining personnel in the conditions of shortage of personnel // Humanitarian and socio-economic sciences. 2024. No. 5(138). Pp. 85-87.
4. Vorobyov V.A. Retention of personnel: a systematic review // Healthcare Manager. 2025. No. 11. Pp. 103-118.
5. Ishkuvatov I. Sh. Sources and Methods of Staff Recruitment in the Context of Staff Shortage // Mavlyutovskie Chteniya: Proceedings of the XVII All-Russian Youth Scientific Conference. Ufa: Ufa University of Science and Technology, 2024. Pp. 486-490.
6. Koivistoinen A. A. Analysis and Evaluation of the Human Resource Management System on the Example of Pyaterochka LLC // Modern Science. 2020. No. 3-1. Pp. 99-104.
7. Official website of X5 Group [Electronic resource]. Access mode: https://www.x5.ru/?ysclid=mpuxzm4fhb69544027 (accessed on 01.06.2026).
8. Potryasova E. O. HR-Branding as a Tool for Developing a Human Resources Management System // Best Student Paper 2024: Collection of Papers from the 14th International Research Competition. Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.), 2024. Pp. 57-61.
9. Tereltskova E. V. Mechanisms of Attracting and Retaining Personnel in the Context of Staff Shortage // Skif. Issues of Student Science. 2025. No. 5(105). Pp. 530-534.
10. Churyumova L. G. Tools of Personnel Management in the Conditions of Staff Shortage // Materials of the XXIX Regional Conference of Young Scientists and Researchers of the Volgograd Region: Collection of Articles by Young Scientists. Volgograd: RANEPA, 2025. Pp. 150-152.

Цифровые технологии в управлении конфликтами в организациях строительной сферы

Егорова Любовь Игоревна
старший преподаватель кафедры менеджмента в строительстве, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, liubovigorevna@yandex.ru,

Гераськина Инна Николаевна
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента в строительстве, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, geraskina82@mail.ru,

Аксенова Алена Игоревна
магистрант, факультет экономики и управления, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
Aksenovaaln@yandex.ru

Введение. В статье рассматриваются вопросы управления конфликтами в организациях строительной сферы с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Обосновывается значимость конфликт-менеджмента для достижения организационных целей и повышения качества управленческих решений в инвестиционно-строительной сфере.
Материалы и методы. Существующие научные достижения относятся к тематике управления конфликтами в деятельности организации, в том числе инвестиционно-строительной, а также являются теоретической и методологической основой для работы и для дальнейшего исследования в данной области. В исследовании использовались методы, как системный и логический анализ, дедукция, функциональный анализ и т. д.
Результаты исследованияи их обсуждение. Авторы анализируют причины возникновения конфликтов и обосновывают необходимость интеграции традиционных методов с цифровыми инструментами. Раскрываются ключевые компоненты ИКТ, включая информационные системы и технологии искусственного интеллекта. Особое внимание уделено применению цифровых решений для анализа и прогнозирования конфликтов. Рассматриваются модели, позволяющие выявлять предпосылки их возникновения и принимать превентивные меры. Приводятся примеры использования нейросетевых технологий и рекомендации по их внедрению в практику управления.
Заключение. Сделан вывод о целесообразности комплексного подхода к управлению конфликтами, основанного на сочетании традиционных методов и современных цифровых технологий, что обеспечивает повышение эффективности функционирования строительных организаций.
Ключевые слова: управление конфликтами, информационно-коммуникативные технологии, строительство, нейросеть, организация.

Введение

Управление конфликтами в организации имеет ключевое значение для поддержания благоприятной рабочей атмосферы и повышения производительности труда коллектива. Грамотное разрешение конфликтов способствует укреплению команды, повышению кадрового потенциала и созданию продуктивной рабочей среды.

В любой организации управление конфликтами – стратегически важный бизнес-процесс. Во-первых, он поддерживает результативность трудовых ресурсов. Ведь, конфликты могут занимать до четверти рабочего времени менеджеров, что негативно сказывается на общей продуктивности. Эффективное управление конфликтами позволяет минимизировать время, затрачиваемое на разрешение разногласий, и сосредоточиться на выполнении деловых функций. Во-вторых, неуправляемые конфликты могут перерастать в более серьёзные проблемы, включая ухудшение межличностных отношений и снижение морального духа в коллективе. Раннее вмешательство и управление конфликтами помогают предотвратить их эскалацию. В-третьих, управление конфликтами позволяет выявить и устранить скрытые проблемы, приводящие к более глубоким проблемам в организации. В-четвертых, конфликты могут стать катализатором развития конструктивных отношений и позитивных изменений в рабочей группе или команде. Они способствуют чёткому формулированию позиций и интересов участников, что может повлечь оптимизацию рабочих процессов и рост уровня коммуникативной культуры. И здесь первостепенна роль руководителя, который должен обладать справедливостью, нейтральностью и объективностью. В-пятых, эффективное управление конфликтами помогает развивать навыки общения и сотрудничества персонала. Это создаёт более сплочённый коллектив и способствует формированию доверительных отношений. Там, где конфликты обсуждаются открыто и сотрудники не боятся высказывать субъективные позиции, там формируется культура доверия и уважения. Позитивные взаимосвязи во внутренней среде организации положительно влияют на ее организационную структуру. Создается благоприятная социально-психологическая среда и поддерживающая корпоративная культура.

В некоторых отраслях значимость этого процесса возрастает многократно из-за специфики взаимодействия участников. К примеру, управление конфликтами в организациях инвестиционно-строительной сферы имеет особое значение, поскольку взаимодействуют множество участников: заказчики, подрядчики, проектировщики, поставщики и государственные орган, инвесторы и многие другие.

Как показывает практика, конфликты в строительстве негативно сказываются на морально-психологическом климате в коллективе и приводят к значительным задержкам в реализации проектов и превышению бюджета. По данным различных исследований, более 40% строительных проектов в России сталкиваются с конфликтами стейкхолдеров, что приводит к срыву сроков и увеличению затрат. Эффективное управление конфликтами способствует более устойчивой проектной деятельности: установление открытого диалога и поиск компромиссов между участниками помогает достигать общих целей и оптимизировать результаты работы. Конфликты часто возникают из-за недостаточного обмена информацией и недопонимания позиций сторон. Грамотное управление конфликтами предполагает налаживание эффективной коммуникации, что позволяет избежать недоразумений и способствует продуктивному взаимодействию. В строительной сфере, как правило, применяются три группы методов управления конфликтами: переговоры, медиация и арбитраж. Эти методы направлены на эффективное разрешение споров и минимизацию их последствий. Важно стремиться к поиску решений, удовлетворяющих интересы всех участников конфликта, что образует атмосферу сотрудничества и снижает вероятность повторных неурядиц.

Итак, управление конфликтами приобретает критическую важность по следующим причинам [1]: снижение задержек и превышения бюджета; устойчивость проектной деятельности; коммуникационная активность; поиск взаимовыгодных решений; поддержание морально-психологического климата в коллективе; использование альтернативных методов разрешения конфликтов. Если для любой организации грамотное управление конфликтами является фундаментом рабочей атмосферы, то для инвестиционно-строительной сферы, - это критически важный фактор успешного завершения проектов и достижения поставленных целей [2].

Материалы и методы

Изученные научные труды относятся к тематике управления конфликтами в деятельности организации инвестиционно-строительной сферы, а также являются теоретической и методологической основой для работы и для дальнейшего исследования в указанной области. В исследовании использовались методы системного и логического анализа, дедукция, функциональная оценка и др.

Обзор литературы

Проанализированы научные труды, в которых раасматривается вопрос конфликтологии и искусственного интеллекта через основные подходы управления, методы их коллективного разрешения и технические аспекты телекоммуникаций. Рассматривались работы авторов (Бочектуева А. С., Плишкина О. В., Горшенина А. С., Рыкова Е. А. Гильдингерш М. Г., Стурза О. В., Лебедев М. Ю), поднимающих вопросы использования информационных технологий в строительстве, включая аспекты управления конфликтами, развитие конфликтологии в России и современные тенденции и проблемы, какие факторы влияют на внедрение искусственного интеллекта в организации при управлении конфликтами, исследования влияния ииспользование ИИ в медиации конфликтных ситуаций и т. д.

Конфликты являются неотъемлемой частью человеческих взаимоотношений и могут возникать в различных сферах: от проектных команд до организаций, как метакоманда. Изучение науки конфликтологии позволяет глубже понять их природу, причины и следствия, методы разрешения.

В научной литературе предлагаются различные методы и подходы к разрешению конфликтов, включая медиации, переговоры и использование цифровых инструментов, что разрешает находить эффективные решения в сложных и проблемных ситуациях. Внедрение цифровых интсрументов, в том числе ИИ в управление конфликтами открывает новые возможности для организации. ИИ может помочь в анализе данных, прогнозировании конфликтных ситуаций, в медиации, что дает возможность их предотвращения на начальной стадии.

Современные исследования обращают внимание на новые вызовы в области конфликтологии: влияние социальных сетей и цифровых технологий на возникновение и разрешение конфликтов. С развитием ИТ возникают этические вопросы, в части использования ИИ в управлении конфликтами. Важно учитывать последствия внедрения и их влияние на социально-психологические отношения. Исследования показывают, что применение теоретических знаний на практике, например, в HR-аналитике или управлении проектами, может повысить эффективность работы организаций и улучшить социально-психологический климат в рабочем коллективе.

Результаты исследования и их обсуждение

Выделим основные причины конфликтов в строительных организациях [3]: 1. Распределение ресурсов (блага, ценности): информационные, технические, финансовые, кадровые и т.п. 2. Взаимосвязь рабочих задач, когда выполнение задания одного работника зависит от выполнения другого или группы. 3. Различия в целях, когда специализированные подразделения уделяют больше времени реализации своим целям, чем общим целям организации. 4. Различия в ценностях, когда субъекты рассматривают ситуацию с позициии удовлетворения личных потребностей, исходя из собственных ценностей и взглядов. 5. Различия в характере, модели поведения и жизненном опыте, социально-психологических характеристиках личности, что уменьшает степень взаимопонимания между людьми. Данный конфликт один из самых сложных для разрешения, т.к. порождается противоречиями ценностей, принципов, взглядов на жизнь, поведенческой реакцией в конкретной ситуации. 6. Неудовлетворительные коммуникации: распространение искаженной и несвоевременной информации в следствии коммуникативных барьеров.

В современном обществе ИКТ рассматривается как ключевой драйвер социально-экономического развития, повсеместное использование которого направлено на повышение качества жизни людей. ИКТ играют важную роль в разрешении конфликтов в организациях, предоставляя инструменты и методы, помогающие выявлять, анализировать и управлять конфликтными ситуациями.

Информационно-коммуникационные технологии – комплекс информационных инструментов, сервисов, платформ, приложений, программ, систем, технологий и сервисов, предназначенных для сбора, хранения, обработки, передачи и обмена информацией в цифровом виде [4]. ИКТ нацелены на взаимодействие процессов в организации, обмен данными, получение доступа к информации и использование её для решения различных задач. Важной особенностью ИКТ является интеграция информационных и коммуникационных процессов, что позволяет работать в удалённом режиме, взаимодействуя с людьми по всему миру.

К ключевым компонентам ИКТ относят [5]: 1. Аппаратное обеспечение (компьютеры, серверы, мобильные устройства). 2. Программное обеспечение (операционные системы, офисные пакеты, специализированные приложения). 3. Сетевые технологии (интернет, локальные сети, облачные сервисы). 4. Информационные ресурсы (электронные библиотеки, базы данных, онлайн-курсы). 5. Средства коммуникации (электронная почта, мессенджеры, видеоконференции).

Квинтессенцией конфликта выступает результат сложения конфликтной ситуации и инцидента. Конфликтная ситуация – возникшее противоречие, содержащее истинную причину конфликта (рис. 1). Инцидент - это обстоятельства, являющиеся поводом (причиной) для конфликта. Разрешение конфликта требует устранения конфликтной ситуации и сущности инцидента [6].

Выделим основные способы управления конфликтами [7]:

1. Межличностные, включающие: а) уклонение – способность человека уходить от конфликта или не попадать в ситуацию, провоцирующую возникновение противоречий; б) приспособлениее – умение адрессовать к потребности в согласованности оппонента; в) конфронтация – иметь власть и влиять на оппонента, чтобы добиться принятия своей точки зрения; г) компромисс – принятие точки зрения оппонента лишь в некоторой степени; д) сотрудничество (решение проблемы/коллаборация) – совместная деятельность людей для достижения поставленных целей.

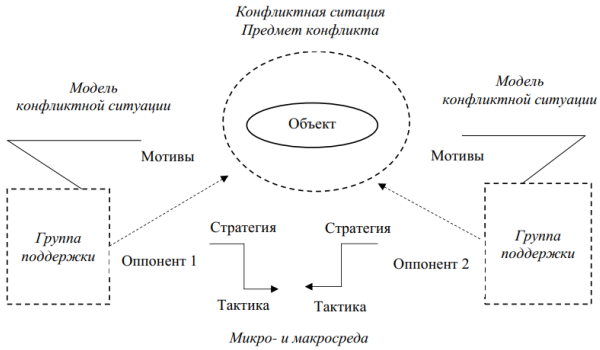


Рис. 1. Элементный состав конфликта

2. Структурные, включающие предупреждение или профилактику конфликтов [8]:

- четкие требования к работе группы и подразделений: обозначенные права и обязанности, функции, ответственность, правила выполнения работ. Подчиненные должны понимать, что от них ожидают в каждой ситуации;
- координационные и интеграционные механизмы и принципы управления;
- общеорганизационные цели. Определение миссии, стратегических целей, формирование корпоративных ценностей и принципов. Понимая стратегию развития организации, работник лучше видит связь между своими функциональными задачами и общим результатом, имеет возможность планировать свою профессиональную деятельность;
- создание системы мотивации и вознаграждений (поощрений) через формирование критериев эффективности работы, исключающие столкновение интересов различных подразделений и работников.

Заметим, что ИКТ играют важную роль в анализе и прогнозировании конфликтов в организации [9]. С помощью систем контроля можно собирать данные о взаимодействиях между сотрудниками, выявлять конфликт на ранних стадиях, идентифицировать потенциальные точки напряжённости для оперативного реагирования на негативные ситуации. Реализация происходит через анализ коммуникаций, эмоциональных сигналов в корпоративных мессенджерах и электронной почте. Внедряя искусственный интеллект (ИИ), можно, как анализировать текстовые данные, так и эмоциональные сигналы через интонацию, тембр, темп речи. Это помогает более точно определять настроение участников конфликтов, предвидить их поведение, предлагать оптимальные решения для конфликтных ситуаций, что ускоряет процесс их разрешения. На основе результатов анализа с помощью систем контроля и ИИ можно предсказывать вероятность возникновения конфликтов, заранее разрабатывать стратегии управления ими. Применяя

методы прогнозирующей аналитики, организации могут создавать модели с профилактическими мерами и действиями, выявлять участников конфликта и его возможные последствия [10].

С помощью платформ для совместной работы команды проекта (например, видеоконференции, документы с открытым общим доступом) можно создавать конструктивный диалог между сотрудниками для снижения вероятности недопонимания и возникновения конфликтов. Инструменты для онлайн-коммуникации и совместной работы способствуют созданию эффективной коммуникационной сети, улучшению командной динамики, повышению продуктивности в рабочей группе.

С помощью ИИ можно анализировать аргументы конфликтующих сторон, предлагать различные варианты решения конфликтных ситуаций. Это способствует более объективному и беспристрастному подходу к разрешению конфликтов [11]. Применяя ИКТ в проектной деятельности, целесообразно обучать сотрудников управлять конфликтами и коммуникациями для формирования развитой организационной культуры.

Важно заметить, что с помощью цифровых инструментов можно наладить обратную связь для оценивания эффективности применяемых стратегий управления конфликтами и ее корректировки.

Итак, применение ИКТ возможно в следующих функциональных областях организаций строительной сферы: 1. Контроль и анализ конфликтов, скорость их разрешения. 2. Понимание природы и прогнозирование конфликтов. 3. Налаживание коммуникаций, обучение и развитие соответствующих навыков. 4. Образование обратной связи и оценка ее эффективности.

Рассматривая информационные системы (ИС) как организационные структуры, использующие ИТ для реализации информационных процессов (сбор, обработка, хранение и выдачи информации), становится очевидной их сущностная природа, объединяющая технические средства, программное обеспечение, полученные данные и кадровый потенциал для достижения определённых целей [4].

Нейросети могут быть частью ИКТ, но не являются их синонимом. ИКТ – общая категория цифровых технологий, а нейросеть – лишь один из современных инструментов этой категории. ИКТ – более широкий термин, включающий не только ИТ и ИС, но и телекоммуникационные средства, сети, интернет-технологии и всё, что связано с передачей и обменом информации в цифровом виде. В современном понимании ИКТ и ИТ часто используются как синонимы, но ИКТ подчёркивает важность коммуникационной составляющей – то есть обмена информацией между людьми и организациями [12].

Практика показывает, что с целью идентификации, анализа и прогнозирования развития конфликтов в строительных организациях применяются следующие ИТ [13]:

1. Искусственный интеллект (ИИ). Системы на базе ИИ («Humanyze», «Cogito», «Affectiva», «Beyond Verbal») анализируют коммуникации между сотрудниками (электронные письма, чаты, записи переговоров), выявляют эмоциональные паттерны, интонации, лексические признаки напряжённости и прогнозируют вероятность эскалации конфликта. Платформы для анализа письменных коммуникаций («Crystal Knows» и аналоги) выявляют агрессивные или стрессовые сообщения, предлагают оптимальные коммуникационные стили для снижения напряжённости. Предиктивная аналитика позволяет строить модели, предсказывающие возникновение конфликтов в определённых командах или проектах, что даёт возможность заранее принимать профилактические меры.

2. Системы мониторинга и обратной связи. Ситуационно-кризисные центры (СКЦ) и информационно-аналитические системы («CASCOM», «WEIS», «Дипломат») используются для сбора, анализа и визуализации данных о развитии конфликтов. С помощью СКЦ строятся кривые напряженности, прогнозируются сценарии развития ситуаций, оценивается вовлечённость сторон. Платформы для опросов и обратной связи позволяют выявлять скрытые конфликты, анализировать удовлетворённость сотрудников и динамику командных отношений.

3. Медиативные и коммуникационные технологии. Эмоциональный ИИ анализирует видеоконференции и чаты, сигнализируя о признаках стресса или агрессии, помогает модераторам вовремя вмешаться и предотвратить эскалацию. Инструменты для подобной работы («Miro», «Google Docs» и др.) способствуют прозрачности коммуникаций и снижению недопонимания.

4. Аналитические платформы и BI-системы («Power BI», «Tableau») используются для визуализации данных о конфликтах, выявления трендов и закономерностей общения, построения отчётов для руководства.

5. Кибербезопасность и защита данных. В контексте предотвращения конфликтов, связанных с утечками или кибератаками, применяются решения («Kaspersky MDR», «Symphony XDR») для мониторинга угроз и анализа инцидентов.

Бесспорно, внедрение ИТ позволяет строительным организациям не только оперативно реагировать на конфликты, но и строить проактивную систему управления человеческими ресурсами. Обозначим практические преимущества от внедрений ИТ: раннее выявление конфликтов и предотвращение их эскалации; объективность анализа за счёт исключения человеческой предвзятости; прогнозирование рисков и выработка профилактических стратегий; повышение эффективности управления и улучшение атмосферы в коллективе.

Результаты исследования показали, что нейросети и ИИ становятся всё более востребованными инструментами для предотвращения и разрешения конфликтов в организациях строительной сферы.

Рассмотрим этапы работы нейросети в управлении конфликтами в строительной организации при проектной деятельности (рис. 2) [13].

Выделим принципиальные моменты по внедрению ИКТ в систему управления конфликтами строительной организацией: инвестировать в инструменты анализа эмоций и поведения; использовать ИИ не только для разрешения, но и для прогнозирования конфликтов; обучать сотрудников работе с новыми технологиями для максимального эффекта.

Результаты проведенного исследования показали, что в строительных организациях внедрение методов управлении конфликтами с использованием ИКТ приводит к следующим эффектам: снижению числа конфликтных ситуаций на 20–30% за счёт их раннего выявления и профилактики; повышению работоспособности коллектива, что приводит к сокращению времени на разрешение конфликтных ситуаций до четверти рабочего времени менеджеров; улучшению психологического климата и сплочённости команды; снижению рисков задержек и перерасхода бюджета в инвестиционно-строительной сфере; формированию открытого диалога и доверия, как одного из принципов корпоративной культуры; росту удовлетворённости сотрудников работой, что приводит к снижению текучести кадров.

Рис. 2. Этапы работы нейросети в управлении конфликтами

В табл. 1 представлен сравнительный анализ цифровых инструментов управления конфликтами в строительной сфере [14].

Таблица 1

Цифровые инструменты управления конфликтами в строительной сфере

Инструмент / Система	Назначение	Ключевые возможности	Преимущества	Недостатки
Humanyze	Анализ коммуникаций	Отслеживание взаимодействий, анализ паттернов	Объективность, раннее выявление конфликтов	Требует интеграции с корпоративными системами
Cogito	Эмоциональный ИИ	Анализ интонаций, темпа речи, стресса	Предсказание эскалации, рекомендации по стилю общения	Зависимость от качества аудиоданных
Affectiva	Распознавание эмоций	Анализ мимики, голоса	Высокая точность в определении эмоций	Необходимость видеокамер

Beyond Verbal	Анализ голоса	Выявление стресса, агрессии по голосу	Быстрая диагностика напряжённости	Ограничен голосовыми данными
Crystal Knows	Анализ текстов	Выявление агрессивных сообщений, рекомендации по стилю	Улучшение письменной коммуникации	Не учитывает контекст содержания вне данной переписки
Power BI / Tableau	BI-аналитика	Визуализация данных о конфликтах	Визуализация и наглядность для руководства	Требует настройки и обучения
Kaspersky MDR / Symphony XDR	Кибербезопасность	Мониторинг угроз, анализ инцидентов, реагирование на киберконфликты	Комплексная защита, соответствие требованиям регуляторов	Высокая стоимость внедрения

Внедрение ИКТ в систему менеджмента организации открывает новые возможности для проактивного управления: объективность анализа за счёт исключения человеческой предвзятости; скорость выявления и разрешения конфликтов; прогнозирование рисков и выработка профилактических стратегий; повышение эффективности управления и улучшение атмосферы в коллективе. Нейросети превосходят традиционные методы по скорости анализа, объективности и возможности прогнозирования, однако требуют обучения персонала и интеграции в корпоративные бизнес-процессы.

Неуправляемые конфликты могут перерастать в более серьёзные проблемы, включая эмоциональное выгорание коллектива, забастовки, ухудшение межличностных отношений и снижение морального духа в коллективе. Раннее вмешательство и управление конфликтами помогают предотвратить их эскалацию.

Управление конфликтами в организации – это не просто необходимость, а стратегический инструмент достижения целей, поддержания здоровой атмосферы и повышения эффективности работы коллектива. Грамотное разрешение конфликтов способствует укреплению команды, росту продуктивности и формированию позитивной корпоративной культуры. Внедрение современных методов управления конфликтами, включая профилактику, медиативные техники и цифровые технологии, приводит к следующим результатам: снижение числа конфликтных ситуаций на 20–30% за счёт раннего выявления и профилактики; повышение продуктивности коллектива за счёт сокращения времени на разрешение споров (до 24% рабочего времени менеджеров); улучшение морального климата и сплочённости команды; снижение рисков задержек и перерасхода бюджета в инвестиционно-строительной сфере (до 40% проектов сталкиваются с конфликтами); формирование культуры открытого диалога и доверия в организации; повышение объективности и скорости разрешения конфликтов благодаря использованию ИКТ и нейросетей; рост удовлетворённости и снижение текучести кадров.

Эффективное управление конфликтами – стратегический инструмент для достижения целей организации. Внедрение ИКТ и нейросетей позволяет перейти от реактивного разрешения споров к проактивной профилактике, что способствует формированию здоровой рабочей атмосферы, повышению продуктивности и конкурентоспособности компании. Современные цифровые решения делают управление конфликтами более прозрачным, объективным и предсказуемым, что особенно важно в сложных отраслях, таких как инвестиционно-строительная сфера.

Литература

1. Шувалова К. А. Методы решения конфликтных ситуаций между участниками проектных групп / К. А. Шувалова, А. С. Королев. // Молодой ученый. – 2020. – № 20 (310). – С. 464-466.
2. Основы конфликтологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – 91 с.
3. Курочкина И. А. Педагогическая конфликтология: учебное пособие / И. А. Курочкина, О. Н. Шахматова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф. пед. ун-та, 2013. 229 с.
4. Бочектуева А. С., Плишкина О. В. Использование информационных технологий в строительстве // Академическая публицистика. — 2025. — № 4-2. — С. 74–81.
5. Макаренко, С. И. Принципы построения и функционирования аппаратно-программных средств телекоммуникационных систем: учебное пособие в 2 ч. Ч. 2 / С. И. Макаренко, А. А. Ковальский, С. А. Краснов. – 2020. – 357 с.
6. Кушекова Б. К., Назарзода М. Р. Некоторые особенности изучения сущности и понятия «конфликтология» // Вестник Института развития образования. — 2025. — № 4 (52). — С. 283–290.
7. Черкасская, Г. В., Бадхен, М. Л.Управление конфликтами: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2020. – 250 с.
8. Горшенина А. С., Рыкова Е. А. Развитие конфликтологии в России: современные проблемы и вызовы // Актуальные проблемы конфликтразрешения в современном мире: сборник статей 3-й Всероссийской научно-практической конференции. - Курск: ООО «Планета+», 2024. - С. 53-55.
9. Гильдингерш, М. Г.Усиление роли конфликтообразующих факторов при внедрении технологий искусственного интеллекта в практику управления организацией // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 1, № 2. – С. 9–14.
10. Шпаченко, А. С. Влияние HR-аналитики на эффективность деятельности организации // Экономика и социум. – 2017. – № 1–2 (32). – С. 1042–1044.
11. Использование искусственного интеллекта в медиации конфликтных ситуаций. – Текст: электронный // IQ Decision. – URL: https://iqdecision.com/mediacija-ispolzovanie-ii/ (дата обращения: 05.04.2026).
12. Национальный стандарт ГОСТ Р 71476-2024 (ИСО/МЭК 22989:2022). Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта. – Введ. 2025.01.01. – М.: Стандартинформ, 2025.
13. Стурза О. В., Лебедев М. Ю. Применение искусственного интеллекта в медиации // Вестник науки №5 (86). с. 1109 – 1115. 2025 г.
14. Microsoft. Анализ данных с помощью Power BI: руководство для начинающих. – Ред. 2024. – 120 с.

Digital technologies in conflict management in construction industry organizations

Egorova L.I., Geraskina I.N., Aksenova A.I.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Introduction. The article discusses the issues of conflict management in organizations of the construction sector using modern information and communication technologies (ICT). The importance of effective conflict management for achieving organizational goals and improving the quality of management decisions in the investment and construction sector is substantiated.

Materials and methods. Various scientific works presented in the article in the refereces relate to the topic of conflict management in the activities of an organization, including investment and construction, and serve as a theoretical and methodological basis for work and further research in this area. The study used methods such as system and logical analysis, deduction, functional analysis, etc.

The results and discussion. The authors analyze the causes of conflicts and justify the need to integrate traditional methods with digital tools. They reveal the key components of ICT, including information systems and artificial intelligence technologies. Special attention is paid to the use of digital solutions for analyzing and predicting conflicts. Models are considered that allow identifying the prerequisites for their occurrence and taking preventive measures. Examples of using neural network technologies are provided, as well as recommendations for their implementation in the practice of conflict management.

Conclusion. The article concludes that a comprehensive approach to conflict management based on a combination of traditional methods and modern digital technologies is advisable, as it ensures increased efficiency in the functioning of construction organizations.

Keywords: conflict management, information and communication technologies, construction, neural network, organization.

References

1. Shuvalova K. A., Korolev A. S. (2020). Methods for resolving conflict situations between project team members/ K. A. Shuvalova, A. S. Korolev // Young Scientist. – 2020. – №20 (310), 464–466.
2. Fundamentals of Conflictology: A Textbook. – Tomsk: Publishing House of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2018 – 91 p.
3. Kurochkina, I. A. Pedagogical Conflictology: A Textbook. / I. A. Kurochkina, O. N. Shakhmatova. Yekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University, 2013 – 229 p.
4. Bohektueva A. S., Pliskina, O. V. The use of information technologies in construction // Academic Publicism. – 2025. – №4-2. –74–81.
5. Makarenko S. I. Principles of construction and operation of hardware and software for telecommunication systems: A textbook. Part 2. / S. I. Makarenko, A. A. Kovalsky, S. A. Krasnov– 2020. – 357 p.
6. Keshekova B. K., Nazardzoda M. R. (2025). Some features of studying the essence and concept of "conflictology" // Bulletin of the Institute for Educational Development. – 2025 №4(52), 283–290.
7. Cherkasskaya G. V., Badkhen, M. L. Conflict Management: A Textbook. – Moscow: Yurayt, 2020. – 250 p.
8. Gorshenina, A. S., Rykova, E. A. Development of conflictology in Russia: modern problems and challenges // In Actual problems of conflict resolution in the modern world: Collection of articles of the 3rd All Russian Scientific and Practical Conference – Kursk 2024. –Kursk: OOO «Planeta+», 2024. – 53–55).
9. Gildingersh, M. G. Strengthening the role of conflict-generating factors when introducing artificial intelligence technologies into organizational management practice // Economics and Management: Problems and Solutions. – 2025. – V. 1, №2. – 9–14.
10. Shpachenko A. S. The influence of HR analytics on the effectiveness of an organization's activities // Economy and Society, – 2017. – № 1-2 (32). – 1042–1044.

Роль социальных сетей в формировании потребительских предпочтений

Годин Владимир Викторович
доктор экономических наук, профессор, Государственный университет управления Москва, godin@guu.ru,

Ежова Лилия Альбертовна
кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве РФ, laezhova@fa.ru,

Ойнер Ольга Константиновна
доктор экономических наук, доцент Высшей школы экономики, okojner@fa.ru,

Шишкин Анатолий Викторович
доктор экономических наук, профессор, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, shishkin.av@rea.ru

В последние годы социальные сети превратились не только в средство коммуникации, но и в полноценную среду формирования потребительских предпочтений. Пользователи ежедневно сталкиваются с большим количеством визуального и информационного контента, который влияет на их восприятие товаров, услуг и брендов. Особенность социальных сетей заключается в высокой скорости распространения информации, возможности мгновенной обратной связи и формировании доверия через рекомендации, отзывы и пользовательский контент. В условиях цифровизации экономики социальные сети становятся являются наиболее значимыми среди каналов взаимодействия компаний с аудиторией.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения выявленных закономерностей при разработке маркетинговых стратегий, построении коммуникации с потребителями и продвижении брендов в цифровой среде. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности маркетинговых коммуникаций и формирования более устойчивого взаимодействия между компанией и потребителем.

Ключевые слова: социальные сети, потребительское поведение, цифровой маркетинг, визуальный контент, инфлюенсеры, пользовательский контент, лояльность потребителей.

Введение

Современная цифровая среда оказывает существенное влияние на процессы взаимодействия между компаниями и потребителями. За последние годы социальные сети перестали выполнять исключительно коммуникативную функцию и превратились в самостоятельное пространство формирования общественного мнения, потребительских установок и моделей поведения. В условиях постоянного информационного обмена пользователи всё чаще получают сведения о товарах, услугах и брендах не через традиционные рекламные каналы, а посредством цифрового контента, рекомендаций, отзывов и публикаций в социальных сетях [1].

Рост популярности цифровых платформ связан не только с развитием технологий, но и с изменением особенностей восприятия информации. Современный пользователь ежедневно сталкивается с большим количеством визуального и текстового контента, который конкурирует за его внимание. В подобных условиях именно социальные сети обеспечивают наиболее быстрый и эмоционально насыщенный формат коммуникации. Короткие видеоролики, сторис, публикации блогеров и пользовательские рекомендации становятся важными факторами, влияющими на отношение аудитории к бренду и процесс принятия потребительских решений.

Особенностью социальных сетей является высокая степень вовлечённости пользователей в процесс распространения информации. Потребитель перестаёт быть исключительно получателем рекламного сообщения и становится активным участником цифровой коммуникации [2]. Пользователи оценивают товары, публикуют отзывы, делятся личным опытом использования продукции и формируют информационную среду, способную влиять на поведение других людей. В результате уровень доверия к пользовательскому контенту во многих случаях оказывается выше, чем к традиционной рекламе.

Дополнительное влияние на формирование потребительских предпочтений оказывают алгоритмы персонализированной выдачи контента. Социальные платформы анализируют интересы пользователей, их активность, историю просмотров и взаимодействий, формируя индивидуальную информационную среду

Современные компании уже не могут рассматривать социальные платформы исключительно как дополнительный канал продвижения. Сегодня они представляют собой полноценную маркетинговую среду, в которой формируются потребительские ожидания, эмоциональные реакции и модели поведения аудитории.

В связи с этим исследование роли социальных сетей в формировании потребительских предпочтений представляет значительный научный и практический интерес. Анализ механизмов цифрового воздействия позволяет более глубоко понять особенности современного потребительского поведения и определить факторы, влияющие на эффективность маркетинговых коммуникаций в условиях развития цифровой экономики [4].

Основная часть

В современных условиях социальные сети оказывают всё более заметное влияние на поведение потребителей и процесс формирования потребительских предпочтений. Если ранее основными источниками информации о товарах и услугах выступали телевидение, печатная реклама и наружные рекламные конструкции, то сегодня значительная часть коммуникации между брендом и аудиторией осуществляется именно в цифровой среде. Социальные платформы постепенно становятся пространством, в котором формируется отношение пользователей к товарам, компаниям и определённым моделям потребления. Одной из ключевых особенностей социальных сетей является высокая скорость распространения информации. Пользователь ежедневно сталкивается с большим количеством публикаций, рекомендаций, видеороликов и рекламных сообщений.

В отличие от традиционной рекламы, где взаимодействие носит односторонний характер, цифровые платформы позволяют пользователям активно участвовать в обсуждении товаров и услуг. Потребители оставляют комментарии, публикуют собственный контент, оценивают качество продукции и делятся личным опытом. В результате пользователь становится не только получателем информации, но и полноценным участником коммуникационного процесса.

Таблица 1
Как социальные сети влияют на потребительское поведение

Инструмент воздействия	Особенности воздействия	Возможный эффект
Видеоконтент	Быстрое эмоциональное вовлечение	Повышение интереса к бренду
Отзывы пользователей	Формирование доверия	Рост вероятности покупки
Рекомендации блогеров	Эффект личного мнения	Повышение лояльности
Персонализированная реклама	Адаптация под интересы пользователя	Увеличение конверсии
Визуальный контент	Формирование ассоциаций	Усиление узнаваемости бренда

Источник: Васильева Е.В. Инструменты исследования клиентского опыта // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 496-498.

Особое значение в современных маркетинговых коммуникациях приобретают рекомендации и пользовательский контент. Практика показывает, что многие потребители склонны больше доверять мнению других пользователей, чем официальной рекламе компании [5]. Отзывы, комментарии и публикации в социальных сетях воспринимаются как более естественный и независимый источник информации. По этой причине компании всё чаще стремятся формировать положительный пользовательский опыт и стимулировать аудиторию к созданию контента о бренде.

Рисунок 1 – Формирование потребительского предпочтения в социальных сетях
Источник: составлено авторами

В последние годы особое влияние на потребительское поведение оказывают инфлюенсеры и лидеры общественного мнения. Блогеры, авторы тематических сообществ и популярные пользователи социальных платформ формируют у аудитории определённые модели потребления и стиль поведения. Для многих пользователей рекомендации инфлюенсеров воспринимаются как более искренние и достоверные по сравнению с классической рекламой.

Эффективность подобного механизма во многом объясняется эффектом эмоциональной близости. Подписчики регулярно наблюдают за жизнью блогера, его повседневной активностью и образом жизни, вследствие чего формируется ощущение доверительного взаимодействия. В результате рекомендации товаров и услуг воспринимаются как личный совет, а не как рекламное сообщение.

Отдельного внимания заслуживает влияние алгоритмов социальных сетей на процесс формирования потребительских интересов. Современные платформы используют сложные механизмы анализа пользовательского поведения, позволяющие формировать персонализированную ленту контента. Алгоритмы учитывают историю просмотров, интересы пользователя, его взаимодействия с публикациями и время просмотра контента. В результате человек чаще сталкивается с информацией, соответствующей его предпочтениям и эмоциональным реакциям [6].

С одной стороны, подобная система делает взаимодействие пользователя с платформой более удобным и персонализированным. С другой стороны, постоянное повторение схожего контента способно усиливать влияние определённых брендов и формировать устойчивые потребительские установки.

Таблица 2
Ключевые тренды контент-маркетинга для привлечения внимания пользователей

Тренды современного контент-маркетинга	Описание
Эмоциональность контента	Повышает вероятность взаимодействия
Краткий формат подачи	Упрощает восприятие информации
Визуальная привлекательность	Привлекает внимание пользователя
Тренды	Усиливает интерес аудитории
Персонализация	Формирует ощущение индивидуального подхода

Источник: составлено авторами.

Рисунок 2 – Влияние контента и маркетинга на покупательское поведение
Источник: составлено авторами.

Заключение

Социальные сети в современных условиях оказывают существенное влияние на формирование потребительских предпочтений и модели поведения аудитории. Развитие цифровых платформ изменило характер взаимодействия между компаниями и потребителями, сделав коммуникацию более динамичной, эмоциональной и персонализированной. Если ранее основным источником информации о товарах выступала традиционная реклама, то сегодня значительная часть потребительских решений формируется под воздействием цифрового контента, рекомендаций пользователей и активности в социальных сетях.

Наибольшее влияние на восприятие брендов оказывают визуальный контент, пользовательские отзывы, рекомендации блогеров и алгоритмы персонализированной выдачи информации. Современный пользователь воспринимает социальные сети не только как средство общения, но и как источник информации о товарах, услугах и потребительских трендах. В результате цифровая среда становится пространством, в котором формируются эмоциональные реакции, доверие к бренду и потребительская лояльность.

Особое значение в современных условиях приобретает вовлечённость аудитории в процесс коммуникации. Пользователи активно участвуют в обсуждении товаров, создают собственный контент и оказывают влияние на мнение других потребителей.

Социальные сети в настоящее время выступают одним из ключевых факторов формирования потребительских предпочтений и продолжают оказывать значительное влияние на развитие современных маркетинговых коммуникаций.

Литература

1. Васильева Е.В., Ежова Л.А., Ойнер О.К., Шишкин А.В. Влияние алгоритмической персонализации на потребительское поведение в цифровых сервисах // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2026. № 1. С. 232-236. DOI 10.56584/1560-8816-2026-1-232-236. EDN XXACTA.

2. Васильева Е.В., Годин В.В., Ежова Л.А., Ойнер О.К. Этика и прозрачность цифрового медиапространства // Экономика строительства. 2025. № 11. С. 116-118. EDN ZVLOTS.

3. Васильева Е.В. Инструменты исследования клиентского опыта // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 496-498. EDN ISLKYC.

4. Днепровская Н.В. Метод исследования компетенций субъектов цифровой экономики // Открытое образование. 2020. № 24 (1). С. 4-12.

5. Ермолович Д.А., Осташко О.Ю. Влияние интернет-коммуникаций на формирование потребительского поведения в контексте экологии потребительских предпочтений // Передовые технологии и инновации в образовании и науке для улучшения качества жизни и стимулирования устойчивого экономического роста : Сборник статей VIII Международной научно-технической конференции. В 3-х томах, Минск, 03–05 декабря 2025 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2025. С. 249-252. EDN JNSFAU.

6. Демченко А.А., Хмелевская Е.В. Методы изучения потребительских предпочтений // Электронный научный журнал. 2016. № 10-3(13). С. 33-37. EDN XAIHWT.

The role of social media in shaping consumer preferences
Godin V.V., Ezhova L.A., Oiner O.K., Shishkin A.V.
State University of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Higher School of Economics, Plekhanov Russian University of Economics
JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

In recent years, social media has evolved from a communication tool to a fully-fledged environment for shaping consumer preferences. Users are exposed to a vast amount of visual and informational content daily, which influences their perception of products, services, and brands. Social media is characterized by the rapid dissemination of information, the ability to provide instant feedback, and the building of trust through recommendations, reviews, and user-generated content. In the context of the digitalization of the economy, social media is becoming the most significant channel for companies to interact with their audiences.

The practical significance of this study lies in the potential application of the identified patterns in developing marketing strategies, building consumer communications, and promoting brands in the digital environment. The results can be used to improve the effectiveness of marketing communications and foster more sustainable interactions between companies and consumers.

Keywords: social media, consumer behavior, digital marketing, visual content, influencers, user-generated content, consumer loyalty.

References

1. Vasilyeva E.V., Ezhova L.A., Oyner O.K., Shishkin A.V. The Impact of Algorithmic Personalization on Consumer Behavior in Digital Services // RISK: Resources, Information, Supply, Competition. 2026. No. 1. pp. 232-236. DOI 10.56584/1560-8816-2026-1-232-236. EDN XXACTA.
2. Vasilyeva E.V., Godin V.V., Ezhova L.A., Oyner O.K. Ethics and Transparency of the Digital Media Space // Construction Economics. 2025. No. 11. pp. 116-118. EDN ZVLOTS.
3. Vasilyeva E.V. Customer Experience Research Tools // Construction Economics. 2025. No. 5. Pp. 496-498. EDN ISLKYC.
4. Dneprovskaya N.V. Method for studying the competencies of digital economy entities // Open Education. 2020. No. 24 (1). Pp. 4-12.
5. Ermolovich D.A., Ostashko O.Yu. The influence of Internet communications on the formation of consumer behavior in the context of the ecology of consumer preferences // Advanced technologies and innovations in education and science to improve the quality of life and stimulate sustainable economic growth: Collection of articles from the VIII International Scientific and Technical Conference. In 3 volumes, Minsk, December 3–5, 2025. – Minsk: Belarusian State Technological University, 2025. Pp. 249-252.EDN JNSFAU.
6. Demchenko A.A., Khmelevskaya E.V. Methods of studying consumer preferences // Electronic scientific journal. 2016. No. 10-3(13). P. 33-37. EDN XAIHWT.

Основы удешевления приборостроительной бесконтактной индустрии за счет применения замещающих устройств

Епифанцев Кирилл Валерьевич
доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Современные измерительные приборы безусловно нуждаются в глобальной реформации их текущего положения, развития технологий цифровых форматов и при этом – достаточно удешевления их стоимости, что дает широкие возможности покупки данных приборов не только большими компаниями с состоятельным бюджетом, но и не больших компаний. Насыщение рынка простыми недорогими приборами позволяли существенно сэкономить затраты на оборудование и в итоге – повысить качество изделия, его конечную стоимость. Современная простая система калибровки и измерения в приборостроении позволяет существенно расширить возможности обучения сотрудников за счет простой и хорошо воспринимаемой методической документации за счет простоты обслуживания и работы прибора. В процессе образования также важно продемонстрировать студентов возможности поиска альтернативного решения традиционному методу измерения, который может быть очень дорогим из-за обслуживания прибора, системы внесения в реестр СИ. Методология создания простого аналога при измерении из элементов и датчиков, имеющихся в наличии, дают возможность студентам развивать принципы рационализаторства, фантазии в области приборостроения, что в последствии даст им безусловно большой полет мысли для технического творчества. В статье описан недорогой аналог применения дорогостоящего устройства для измерения биения бесконтатным методом, с помощью сканирующей системы в виде мультисенсоонйо измерительной машины, стоимость которой начинается от 3 млн рублей. В статье представлен аналог более дешевый по своему уровню и имеющий широкую доступность

Ключевые слова: оптические измерение, оптическая компьютерная мышь, альтернатива дорогостоящим приборам, нововведения, новая конструкция, измерения.

В статье представлены некоторые лабораторные работы, которые разработаны для студентов в курсе моделирования приборов [1-2]. В качестве основного измерителя используется компьютерная оптическая мышь и ряд написанных под данную мышь программ. Это позволяет использовать ее в качестве простого измерительного средства. В статье перечислены 2 лабораторные работы, которые помогают студентам ознакомиться с навыками использования оптической мыши в качестве измерительного устройства. В лабораторной работе № 1 «Исследование системы бесконтактного измерения шероховатости с помощью оптической мыши» поставлена следующая *цель работы* – исследование реакции измерительного сенсора компьютерной мыши на образцы с известным уровнем шероховатости. В процессе проведения эксперимента использовали стандартные эталонные образцы с различными параметрами шероховатости, что позволило получить данные, которые могут впоследствии быть использованы операторами при проведении измерений с кругломером.

Эксперимент включал следующие *этапы*.

Подготовка образцов: были выбраны и подготовлены шесть эталонных образцов с известными параметрами (Ra 0,4; Ra 0,8; Ra 1,6; Ra 3,2; Ra 6,3; Ra 12,5). Пример эталонных образцов шероховатости представлен на рис. 1.

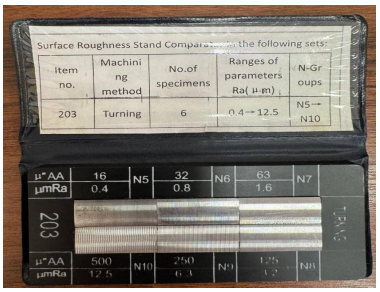


Рис. 1. Эталонные образцы шероховатости

Для проведения эксперимента было необходимо закрепить компьютерную мышь и эталонные образцы шероховатости, для более точного получения данных. Пример данной установки показан на рис. 2

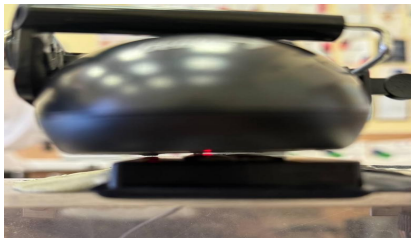


Рис. 2 Крепление мышки на измерительной установке, под мышкой – образцы шероховатости

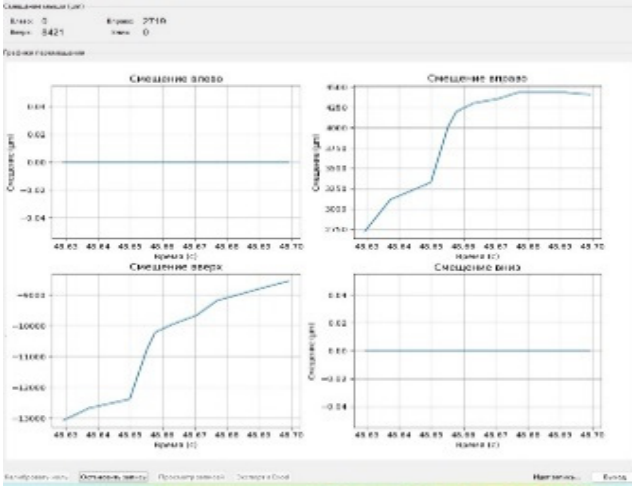


Рис. 3. Интерфейс программы (на рисунке овалом выделены основные клавиши управления)

После установки образцов шероховатости на стол закрепляем деталь. Запускаем программу (рис. 3) - на компьютере эта программа называется «Coordinate mouse», она была написана специально для отслеживания работы лазерного устройства. Нажимаем кнопку «калибровать ноль» и установка нуля. С помощью каретки медленно двигаем мышь над образцом шероховатости

Далее необходимо заполнить таблицу, соотнести данные с образцов шероховатости и показания лазерного устройства-мыши в микрометрах. Все данные занести в таблицу 1

Таблица 1

Результат сканирования шероховатости с образцов

№	Шероховатость с образцов шероховатости, мкм	Результаты измеренных значений с программы «Трекер сканирования мыши»
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Сканирование поверхностей: каждый образец должен подвергнуться сканированию, в ходе которого считывался сигнал сенсора. Данные фиксировались в виде графиков, иллюстрирующих изменения в соответствии с микрорельефом каждой из поверхностей. Все данные были записаны благодаря специальной программе «Трекер сканирования мыши», которая написана на языке программирования *Python*. В данной программе можно увидеть смещения сенсорного датчика мыши.

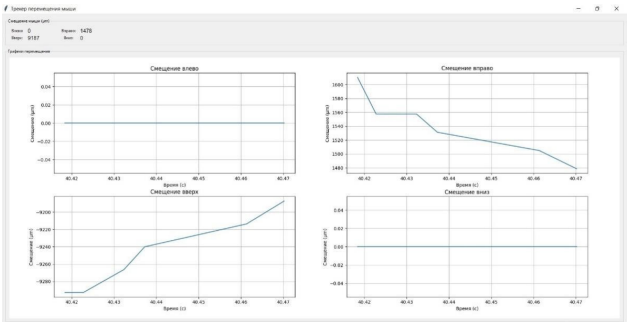


Рис. 4. Графики для шероховатости Ra 0,4

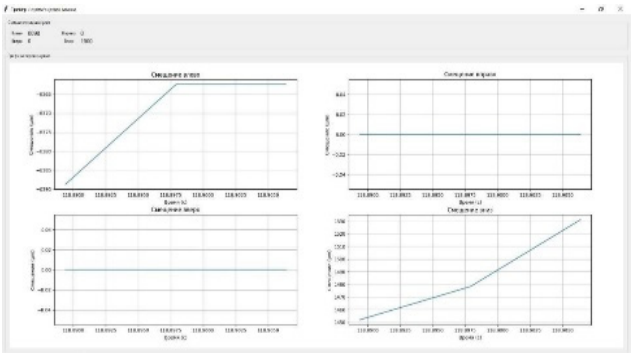


Рис. 5. Графики для шероховатости Ra 0,8

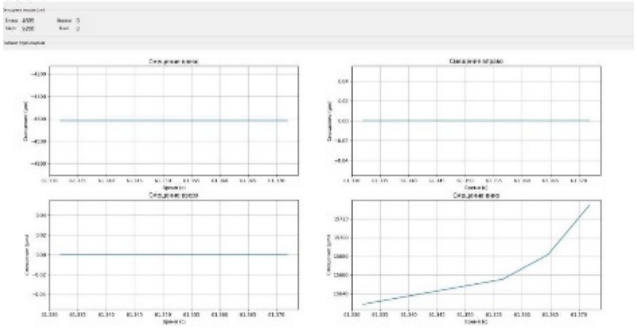


Рис. 6. Графики для шероховатости Ra 1,6

Результаты эксперимента должны быть представлены после выполнения лабораторной работы в графиках, на которых показаны зависимости сигнала с сенсора мыши от уровня шероховатости эталонных образцов. Каждый график демонстрирует характер признаков, соответствующих различным уровням шероховатости и позволяет визуально сравнить, как изменяется форма сигнала в зависимости от микрорельефа.

На рис. 4-8 представлены примеры полученных в ходе эксперимента графиков для каждого эталонного образца шероховатости.

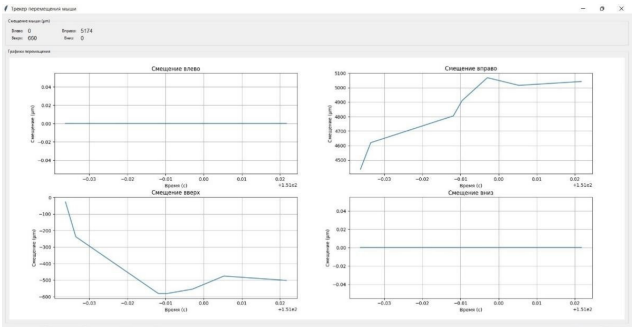


Рис. 7. Графики для шероховатости Ra 3,2

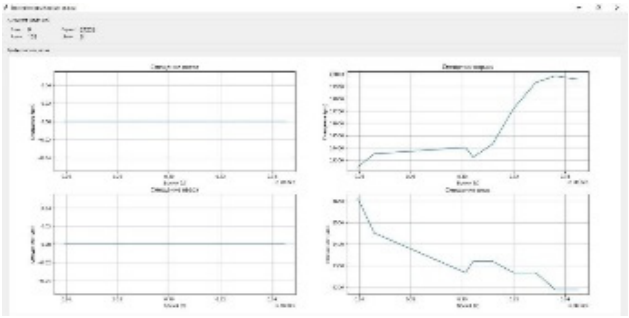


Рис. 8. Графики для шероховатости Ra 6,3

Несмотря на низкую точность и чувствительность сенсора компьютерной мыши по сравнению с профессиональными датчиками шероховатости, полученные результаты четко показали, что сенсор способен фиксировать и различать изменения, характерные для разных уровней шероховатости. Хотя эксперимент был проведен на начальном уровне, полученные данные могут иметь практическое значение для операторов, работающих с профилометрами. Так, визуализируя графики шумов и сигналов, полученных с помощью компьютерной мыши, оператор сможет ориентироваться на относительные уровни шероховатости деталей, которые он измеряет. Таким образом, используя графики в качестве ориентира, оператор сможет внести метрологическую поправку на шероховатость исследуемой детали при анализе результатов измерений формы. Это может значительно повысить точность и надежность полученных данных и позволит более точно оценивать соответствие деталей установленным стандартам.

Проведенный эксперимент продемонстрировал возможность использования доступного инструмента – сенсора компьютерной мыши – для предварительной оценки шероховатости как первой ступени к интеграции этой функции в кругломеры. Полученные графики представляют интерес для будущих исследований и могут стать основой для разработки более точных и многофункциональных метрологических приборов.

В процессе выполнения второй лабораторной работы «Определение торцевого биения детали бесконтактным методом» студенты знакомятся с измерением торцевого биения с помощью мыши, установленной над вращающимся столом. Данные с мыши передаются на персональный компьютер и обеспечивают снятие данных с детали, которая проявляет нестабильность движения верхней части своей поверхности при вращении, а значит имеет дефект не обеспечения параллельности нижней и верхней торцевых поверхностей. Для этого необходимо для начала собрать установку, как это показано на рисунке 9.

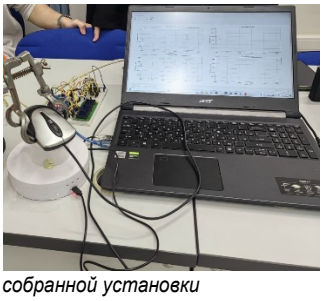


Рис . 9 – Пример собранной установки

Все данные записываются благодаря специальной программе «Трекер сканирования мыши», которая написана на языке программирования *Python*. В данной программе можно увидеть смещения сенсорного датчика мыши. Студентам необходимо посчитать обороты вращения детали, выявить проблемные участки, при которых деталь показывает нестабильности. Об этом будет свидетельствовать график с нелинейной функцией, строящийся в автоматическом режиме (Рис. 10-16)

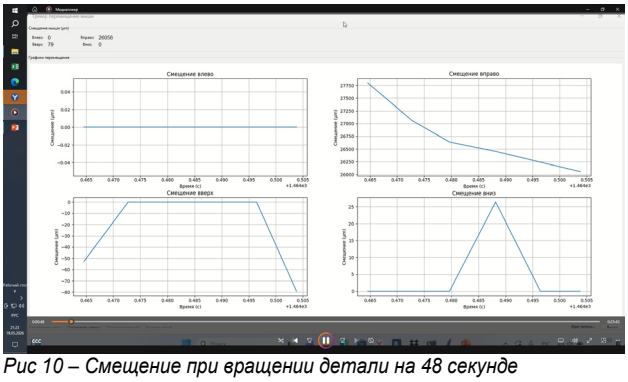


Рис 10 – Смещение при вращении детали на 48 секунде

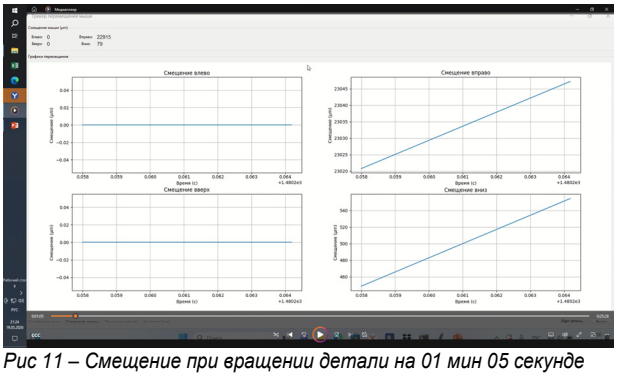


Рис 11 – Смещение при вращении детали на 01 мин 05 секунде

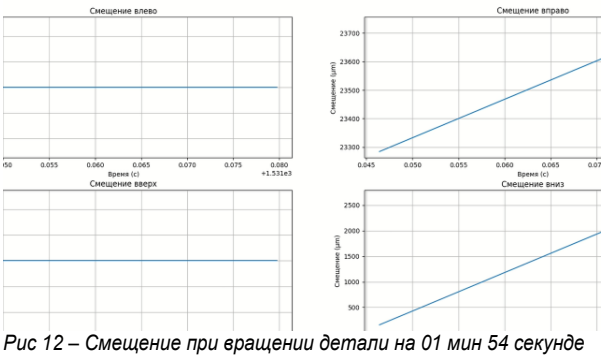


Рис 12 – Смещение при вращении детали на 01 мин 54 секунде

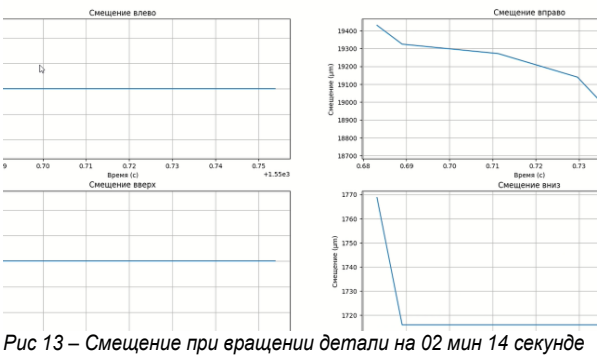


Рис 13 – Смещение при вращении детали на 02 мин 14 секунде

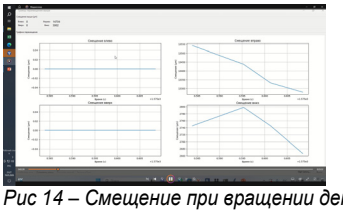


Рис 14 – Смещение при вращении детали на 02 мин 39 секунде

Рис 15 – Смещение при вращении детали на 02 мин 59 секунде

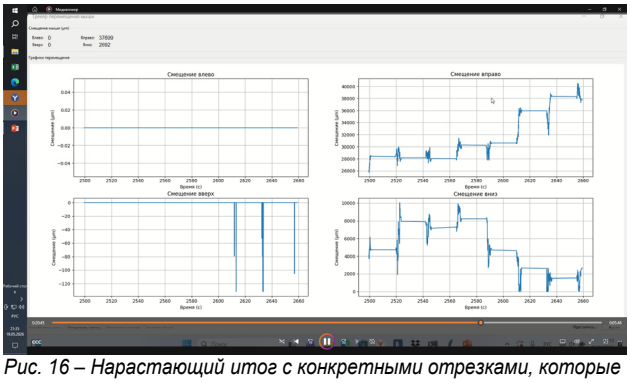


Рис. 16 – Нарастающий итог с конкретными отрезками, которые реагируют на выявленные дефекты детали при измерении торцевого биения

Таким образом, анализируя рисунки, которые будут получатся в результате анализа работы мышки, как представлено на примерах 65-70, необходимо заполнить таблицу 14

Таблица 4

Результат сканирования торцевого биения детали

№	Время сканирования, мин, сек, обороты детали	Результаты измеренных значений с программы «Трекер сканирования мыши»
1		
2		
3		
4		
5		
6		

По итогам измеренных значений необходимо посчитать торцевое биение Формула для расчёта торцевого биения: Торцевое биение = Amax - Amin, где Amax и Amin — максимальное и минимальное расстояния от точек торцевой поверхности до базовой плоскости соответственно.

Таким образом, при соответствующих навыках, которые приобретаются студентами в процессе выполнены вышеуказанных работ, формируются компетенции рационализаторства и и векторы развития новых типов приборов. Компетенции, полученные в работе №1, могут быть использованы как альтернатива лазерному профилометру, а работа № 2 - как альтернатива оптическому кругломеру или индикатору частоты.

Литература

1. Епифанцев К. В. Проблемы настройки датчиков кругломера «RoundTest RA-120P» по углу наклона и высотным параметрам // Инновационное приборостроение. 2023. Т. 2, № 5. С. 5–9.

2. Епифанцев К. В. Проектирование и эксплуатация оптического датчика для оснащения кругломеров при осуществлении контроля тел вращения // Высокие технологии в машиностроении: матер. XX Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием, 9–10 нояб. 2023 г. / отв. ред. Р. Г. Гришин. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2023.

Basic principles of reducing the cost of the contactless instrumentation industry through the use of substitute devices

Epifantsev K.V.
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Modern measuring instruments certainly need a global reformation of their current position, the development of digital format technologies and, at the same time, a significant reduction in their cost, which provides ample opportunities for the purchase of these devices not only by large companies with a wealthy budget, but also by small companies.

Saturation of the market with simple inexpensive devices made it possible to significantly save equipment costs and, as a result, improve the quality of the product and its final cost. The modern, simple calibration and measurement system in instrumentation makes it possible to significantly expand employee training opportunities through simple and well-understood methodological documentation due to the ease of maintenance and operation of the device. In the educational process, it is also important to demonstrate to students the possibilities of finding an alternative solution to the traditional measurement method, which can be very expensive due to the maintenance of the device and the SI registry system. The methodology of creating a simple measurement analogue from the elements and sensors available allows students to develop the principles of innovation and imagination in the field of instrumentation, which later will certainly give them a great flight of thought for technical creativity. The article describes an inexpensive analogue of using an expensive device for measuring heartbeat using a contactless method, using a scanning system in the form of a multi-sensor measuring machine, the cost of which starts from 3 million rubles. The article presents an analogue that is cheaper in terms of its level and has wide availability.

Keywords: optical measurement, optical computer mouse, alternative to expensive devices, innovations, new design, measurements.

References

1. Epifantsev K. V. Problems of Adjusting the RoundTest RA-120P Roundness Gauge Sensors for Inclination Angle and Height Parameters // Innovative Instrument-Making. 2023. Vol. 2, No. 5. pp. 5–9.
2. Epifantsev K. V. Design and Operation of an Optical Sensor for Equipping Roundness Gauges for Monitoring Bodies of Revolution // High Technologies in Mechanical Engineering: Proc. of the XX All-Russian Scientific and Technical Conf. with International Participation, November 9–10, 2023 / Ed. R. G. Grishin. Samara: Samara State Technical University, 2023.

Поддержка управления для компании, предоставляющей рассрочки, на основе анализа и визуализации данных

Фролов Юрий Викторович
доктор экономических наук, профессор, Московский городской педагогический университет, frolovyuv@mgpu.ru,

Жидков Андрей Леонидович
аспирант, Московский городской педагогический университет, zhidkoval@mgpu.ru

В работе предложен подход к поддержке управления компанией, предоставляющей услуги рассрочки, на основе применения BI-аналитики и регрессионного анализа. На основе массива данных по 27 437 заявкам клиентов выполнен анализ структуры клиентского потока, характеристик продукта, внешних данных. Показано, что имеющийся массив данных позволяет решать задачи прогнозирования вероятности дефолта клиентов, анализа качества входящего потока заявок, оценки эффективности правил одобрения и мониторинга риска на уровне портфеля. Предложена визуализация аналитических результатов в Yandex DataLens, обеспечивающая поддержку управленческих решений в режиме интерактивного мониторинга. Выполнена оценка потенциального экономического эффекта от внедрения аналитической системы, основанная на снижении доли дефолтных клиентов после внедрения BI инструмента.
Ключевые слова: рассрочка; визуализация данных; кредитный риск; BI-система; поддержка управления.

1.Введение

Цифровизация финансовых сервисов и развитие финансовых продуктов привели к быстрому росту сегмента рассрочки как одного из наиболее массовых инструментов потребительского финансирования. Для компаний, работающих в этой сфере, качество управленческих решений всё в большей степени зависит не только от наличия данных, но и от способности быстро превращать эти данные в прикладную аналитику [9]. Особенно это важно в условиях высокой скорости обработки заявок, неоднородности клиентского потока и необходимости балансировать между ростом продаж и контролем риска.

В отличие от традиционного кредитования, где решение по заявке клиента часто принимается в более длительном цикле и на основе расширенного пакета документов, сервис рассрочки ориентирован на быстрое одобрение в точке продаж или в цифровом интерфейсе. Это означает, что ошибка в оценке клиента или недостаточное понимание структуры потока заявок могут приводить либо к росту просроченной задолженности, либо к избыточно консервативной политике, снижающей объем выдачи кредитов и прибыль финансовой организации [5].

Актуальность темы определяется тем, что в компаниях, предоставляющих рассрочки, значительная часть управленческих решений должна приниматься на основе объективных количественных данных. Недостаточно просто хранить информацию о заявках, клиентах и фактах просрочки – необходимо выстраивать целостный контур аналитики, в рамках которого данные становятся инструментом контроля, прогнозирования и оптимизации [7].

Целью настоящего исследования является разработка подхода к поддержке управления компанией, предоставляющей рассрочки, на основе анализа и визуализации данных.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Проанализировать структуру данных по заявкам и клиентам.
2. Определить направления использования аналитики в управлении качеством портфеля.
3. Предложить структуру управленческого дашборда в Yandex DataLens.
4. Оценить возможный экономический эффект от применения аналитической поддержки.

Объект исследования – компания, предоставляющая услуги рассрочки, и процессы управления кредитным риском в компании.

Предмет исследования – методы анализа и визуализации данных как инструменты поддержки управления в компании, предоставляющей рассрочки.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенный подход может быть использован для построения управленческой отчетности, применимой в реальной операционной деятельности компании.

Научная новизна работы состоит в интеграции индивидуального риск-моделирования и динамической BI-аналитики в едином контуре поддержки управления компанией, предоставляющей услуги рассрочки.

2. Литературный обзор

Современные исследования в области цифровых финансовых сервисов показывают, что ключевым фактором повышения эффективности управления становится использование BI-систем для оперативного мониторинга клиентского потока, качества выдач и динамики среднего уровня дефолта. Для компаний, работающих в сегменте рассрочки, это особенно важно, поскольку решения по заявкам принимаются в коротком цикле, а ухудшение качества входящего потока заемщиков должно выявляться до того, как оно трансформируется в рост просрочки [6].

Отдельное направление исследований связано с использованием систем поддержки принятия решений на основе дашбордов, в которых аналитические показатели интегрируются в визуальные панели управления. В BI-системах, например, в отечественной системе Yandex DataLens, подобный подход реализуется через интерактивные дашборды, объединяющие данные из различных источников, агрегированные показатели эффективности, сегментные срезы и временные ряды.

В научных исследованиях визуальной аналитики финансовых рисков подчеркивается, что наибольшую ценность приносит не просто прогноз вероятности дефолта, а возможность визуально локализовать проблемные сегменты и паттерны дефолтного поведения. Так, в работе

«Visual analytics for networked-guarantee loans risk management» [2] предложен визуальный аналитический интерфейс, позволяющий одновременно анализировать риск дефолта, группы повышенной дефолтности и распространение риска в динамике. Авторы показывают, что визуальный интерфейс существенно повышает качество решений экспертов по сравнению с табличным анализом.

С точки зрения исследуемой в настоящей работе предметной области бизнеса, связанного с рассрочками, особый интерес представляют публикации о применении технологии «Покупай сейчас, плати потом» (далее Buy Now, Pay Later, BNPL). Именно такая технология работы на рынке в большей степени отражает способы работы компаний, предоставляющих рассрочки. В работе G. Cornelli, J. Frost, L. Gambacorta, C. Huang, H. S. Shin [3] показано, что BNPL-сервисы характеризуются коротким жизненным циклом займа, высокой частотой повторных выдач и критической зависимостью качества портфеля от платёжных циклов. Авторы подчеркивают, что для таких кредитных продуктов наибольшую аналитическую ценность имеют показатели раннего выявления дефолтных клиентов, когортного и винтажного анализа, позволяющие выявлять ухудшение качества выдачи заемных средств уже в первые недели после оформления рассрочки.

Близкие к представленным выше выводы изложены в исследовании F. Hayashi, A. Routh [4], в котором показано, что пользователи BNPL-сервисов значительно чаще демонстрируют признаки финансовой уязвимости, а наличие просрочек в первых циклах выплат тесно связано с последующим накоплением долговой нагрузки на заемщиков. Авторы делают вывод, что именно анализ ранней просрочки и поведенческих характеристик первых платежей с опорой на показатель fpd_30 (просрочка первого платежа по рассрочке более 30 дней) позволяет наиболее эффективно управлять качеством BNPL-портфеля.

Несмотря на широкое распространение BI-систем, сравнительно мало исследований посвящено использованию визуальной аналитики для поддержки управления на основе дашбордов именно на рынке сервисов рассрочки. Настоящая работа направлена на развитие данного направления за счёт интеграции прогностической аналитики и визуального мониторинга в среде Yandex DataLens как элемента поддержки управления [8].

3. Методы и инструментарий исследования

Методологическую основу исследования составляют принципы управления на основе данных (Data-Driven Decision Management), предполагающие использование исторических данных по заявкам на рассрочки и фактической платежной дисциплины клиентов для поддержки решений в компании, предоставляющей услуги рассрочки [10].

В рамках исследования применены два взаимодополняющих аналитических метода:

1. Логистическая регрессия, предназначенная для прогнозирования вероятности возникновения просрочки (вероятности дефолта заемщика) в течение периода 30 дней и более [14];
2. Визуализации, используемые для мониторинга качества когорт выдач рассрочек в портфеле компании.

Эмпирическую базу исследования составил массив данных по 27 437 заявкам клиентов, в котором были представлены поведенческие признаки клиентов, характеристики кредитного продукта, временные параметры заявки, клиентский профиль, оценки кредитных рисков от внешних вендоров и фактические данные о просрочках возвратов денежных средств заемщиками.

В качестве основной прогностической модели в настоящем исследовании была использована логистическая регрессия с целевой переменной, принимающей значение 0, если заемщик не превысил срок в 30 дней до внесения платежа по рассрочке, и 1, если клиент превысил этот срок («ушел в дефолт»).

В модель были включены только признаки, доступные на момент рассмотрения заявки. Компания, на базе которой выполнялись исследования, была подключена к услугам трех различных вендоров (поставщиков) оценки уровня платежеспособности клиентов [18]. Прогнозные модели этих вендоров базируются на сведениях о заемщиках и их кредитной истории. Необходимо отметить, что у каждого вендора имеются свои различные внутренние методики и источники информации. По мнению авторов, использование в прогнозной модели нескольких интегральных оценок от разных вендоров позволяет улучшить качество прогнозных оценок о вероятности возврата денежных средств заемщиками.

В прогнозную модель оценки уровня риска невозврата заемщиками денежных средств, предложенную в настоящей работе, были включены следующие признаки:

- Возраст клиента по анкете, заполненной заемщиком;
- Пол клиента по анкете, заполненной заемщиком, где 1 – мужчина, 0 – женщина;
- Факт того, является ли клиент уже известным компании (пользовался ли ранее услугами компании), где 1 – не пользовался, 0 – пользовался;
- Время суток при подаче заявки – от 1 до 4 (от «Утро» до «Ночь»);
- Интегральные оценки платежеспособности клиента от вендоров №1, №2 и №3, выполненные на основе паспортных данных клиента и его номера телефона;
- Сведения из базы данных компании, предоставляющей рассрочки (количество прошлых рассрочек в кредитной истории заемщика);
- Запрошенная сумма рассрочки (до 40 000 руб. или свыше 40 000 руб.)

Технический стек исследования включал SQL [11] и ClickHouse [13] для подготовки аналитической витрины, Python [12] для построения логистической регрессии, Yandex DataLens [1] для визуального мониторинга.

4. Результаты

Логистическая регрессия

Для каждой заявки рассчитывалась индивидуальная вероятность дефолта PD_i по формуле: $P(D) = \frac{1}{1+e^{-z}}$,

где $z = -0.361$ * «возраст» + 0.214 * «неизвестный клиент» + 0.287 * «время дня при подаче заявки» − 0.392 * «оценка от вендора №1» − 0.173 * «оценка от вендора №2» + 0.121 * «количество прошлых рассрочек» − 0.284 * «оценка от вендора №3» + 0.508 * «пол клиента (мужчины)» + 0.941 * «запрошенная рассрочка суммой до 40 000 руб.».

В соответствии с представленной формулой, чем выше абсолютное значение z (при условии, что z имеет отрицательное значение), тем ниже вероятность дефолта. Поэтому все факторы, которые выводят z в зону отрицательных значений (посредством умножения значения фактора на коэффициент регрессии со знаком минус), снижают вероятность дефолта – невозврата рассрочки заемщиком.

Исходя из абсолютной величины коэффициентов логистической регрессии, факторы, влияющие на уровень риска невозврата рассрочек, можно расположить в следующий ряд (в порядке от факторов, в максимальной степени повышающих риск, к факторам, снижающим риск невозврата рассрочки):

«Запрошенная рассрочка суммой до 40 000 руб.»; «Пол клиента (мужчины)»; «Время суток при подаче заявки (Вечер, Ночь)»; «Неизвестный клиент (ранее не пользовался услугами компании)»; «Количество прошлых рассрочек» (возможно, на статистику повлияло то, что часть клиентов оформляли небольшие рассрочки для создания кредитной истории, но затем попадали в дефолт на более крупной рассрочке); «Оценка от вендора №2»; «Оценка от вендора №3»; «Возраст заемщика»; «Оценка от вендора №1».

Качество логистической регрессии оценивалось с использованием метрик ROC-AUC и коэффициента Джини (Gini), отражающих дискриминирующую способность модели в задачах кредитного скоринга [16; 17].

По результатам тестирования логистическая регрессия показала качество: $ROC - AUC = 0.686$, что соответствует $Gini = 0.371$.

Полученный результат можно рассматривать, по мнению авторов, как приемлемый уровень оценки вероятности дефолта клиента на рынке предоставления рассрочек.

Применение BI-системы для поддержки принятия решений

Для использования полученных результатов для поддержки управления в работе применена визуальная BI-архитектура системы Yandex DataLens, общий вид которой представлен на рисунке 1.

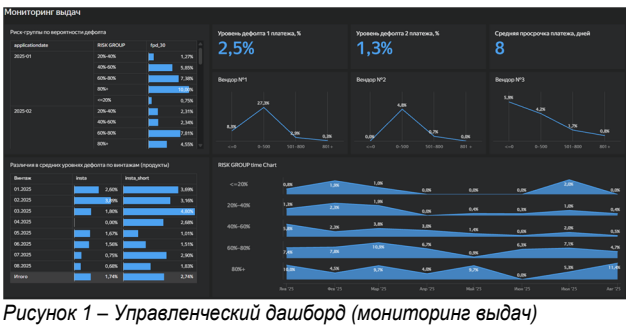


Рисунок 1 – Управленческий дашборд (мониторинг выдач)

Управленческий BI-дашборд для оценки состояния работы с клиентами, которым были предоставлены рассрочки, включает в себя следующие визуальные элементы:

Таблица с риск-группами по вероятности дефолта (рисунок 2).

Рисунок 2 – Сопоставление риск-группы по вероятности дефолта с фактическими данными по дефолту

Столбец «applicationdate» означает месяц, в который производились выдачи рассрочек. В столбце «RISK GROUP» содержится прогноз модели логистической регрессии вероятности дефолта от 0 % до 100%, который был разделен на группы заемщиков с шагом в 20%. Столбец fpd_30 показывает фактическое значение процента наступивших дефолтов в соответствующей группе заемщиков, спрогнозированной моделью (столбец «RISK GROUP»). Например, как показывают результаты исследования (рисунок 2), в январе 2025 года среди клиентов, которым модель присвоила вероятность дефолта от 20% до 40% действительно ушли в дефолт 1,27% клиентов. Реальное количество клиентов, ушедших в дефолт, повышается по мере перехода от группы риска 20%-40% к группам риска 40%-60%, 60%-80% и свыше 80%. Такой результат подтверждает валидность полученной в работе прогнозной модели. Визуализация позволяет оценить соответствие прогноза ухода клиентов в просрочку с реальными инцидентами просрочек. Таблица показывает прямо пропорциональную зависимость между прогнозируемыми оценками риска и фактическими данными по дефолту заемщиков.

Таблица с когортами выдач и их характеристиками (рисунок 3).

Рисунок 3 – Различия в средних уровнях дефолта по винтажам

По итогам выполненного исследования корректировалась работа компании по определению рисковых заемщиков. Столбец «Винтаж» означает месяц, в который производились выдачи рассрочек. Столбец «insta» означает процент дефолта в категории рассрочек с суммой более 40000 рублей, а столбец «insta_short» означает процент дефолта в категории рассрочек с суммой менее 40000 рублей. Среднее значение дефолтных клиентов за период с января по август 2025 года с суммой выдачи свыше 40 тыс. руб. составило 1,74%, а дефолтных клиентов за период с января по август 2025 года с суммой выдачи менее 40 тыс. руб. составило 2,74%. В среднем по рассрочкам на сумму менее 40 тыс. руб. наблюдается больший процент клиентов, просрочивших первый платеж более чем на 30 дней в связи с тем, что по данной группе клиентов производится значительно меньше проверок (не запрашивается паспорт). Этот результат подтверждает вывод, который был получен по итогам анализа уравнения логистической регрессии.

Оценка интегральной ситуации в компании с выдачей рассрочек с помощью визуальных элементов (рисунок 4).

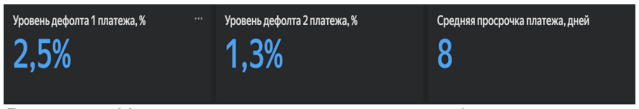


Рисунок 4 – Метрики состояния текущего портфеля компании

Визуальные элементы на рисунке 4 помогают руководству компании управлять кредитным портфелем и отражают информацию о текущем состоянии портфеля: процент клиентов с просрочкой первого платежа по рассрочке более 30 дней, процент клиентов с просрочкой второго платежа по рассрочке более 30 дней, среднее количество дней просрочки платежа клиентов.

Графики просрочек первого платежа в разрезе оценок клиентов от вендоров (рисунок 5).

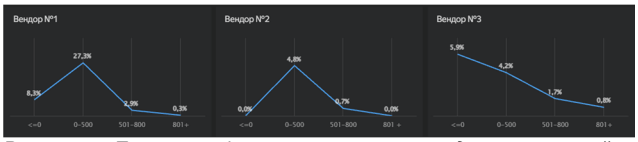


Рисунок 5 – Пример графика соответствия между интегральной оценкой клиентов от вендоров и уровнем дефолта

Каждый график на рисунке 5 показывает процент клиентов, просрочивших первый платеж по истечении 30 дней по рассрочке. На оси X показаны группы оценок вендоров: «<=0», «0-500», «501-800», «801+». Группа «<=0» означает, что оценка заемщика составила менее 0 баллов. Такую оценку чаще всего получают клиенты, проходящие процедуру банкротства. Все оценки выше 0 от каждого из вендоров данных следуют логике: чем выше балл, тем выше платежеспособность клиента. На оси Y показан процент клиентов в анализируемой выборке, у которых наступил дефолт. Уравнение логистической регрессии подтверждает гипотезу о том, что между оценками вендоров и риском дефолта существует взаимосвязь, которую можно наблюдать на графиках (рисунок 5).

Изменение уровня дефолтности клиентов в зависимости от интегральной оценки вендора 3 демонстрирует линейную зависимость: чем выше уровень оценки данного вендора, тем ниже риски невозврата рассрочки заемщиками. Несмотря на устойчивую зависимость, оценка данного вендора на исследованной базе данных объясняет примерно 12% дефолтов по рассрочкам.

Оценка вендора №1 на исследованной базе данных объясняет примерно 38% дефолтов. При этом 35,6% клиентов, оценка которых была ниже 500 баллов, ушли в дефолт после получения рассрочки. Этот результат подтверждает значимость фактора оценки данного вендора в уравнении регрессии и в принятии решения о выдаче рассрочки.

Оценка вендора №2 на исследованной базе данных объясняет всего лишь около 5,5% дефолтов по рассрочкам в портфеле организации.

Можно предположить, что оценки уровня дефолта вендоров 1 и 3 обладают большей достоверностью по сравнению с оценками вендора №2. Этот вывод подтверждается абсолютными значениями коэффициентов этих вендоров в уравнении логистической регрессии.

Графики дефолтности клиентов по группам риска, рассчитанным с помощью уравнения регрессии, в динамике (рисунок 6).

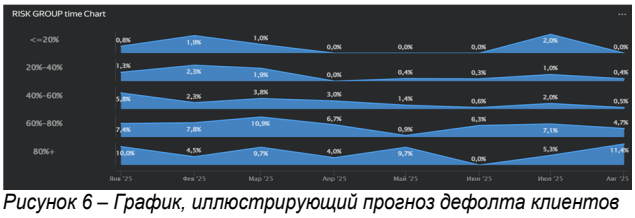


Рисунок 6 – График, иллюстрирующий прогноз дефолта клиентов

На данном графике можно увидеть, что с повышением значений предсказанного моделью уровня риска ухода клиента в дефолт растет также и уровень фактического дефолта. Каждая строка – это прогноз по месяцам 2025 года количества клиентов, ушедших в дефолт в разрезе спрогнозированных моделью групп риска. Например, группа клиентов с риском дефолта менее 20%, то есть модель логистической регрессии предсказала вероятность дефолта конкретного клиента с вероятностью менее 20%.

График позволяет оценить качество предсказания модели на временном ряде, оценить изменение качества потока клиентов во времени.

Важным для оперативного управления моментом является то, что прогнозные оценки на дашборде обновляются автоматически благодаря постоянному подключению к базе данных, в которую ежедневно загружается новая информация.

Оценка эффективности использования динамической BI-аналитики в процессах поддержки управления в компании, предоставляющей рассрочки

Эффективность использования BI-аналитики в процессах поддержки управления оценивалась с точки зрения изменения скорости реакции менеджеров на рост количества просрочек, а именно, адаптацию правил одобрения заявок и снижение доли проблемных выдач [15].

Для количественной оценки экономического эффекта предлагается использовать показатель изменения доли проблемных выдач после внедрения системы динамического мониторинга: $Эффект t_t = FPD30_t^{до} - FPD30_t^{после}$, где $FPD30_t^{до}$– доля просрочки более 30 дней до внедрения BI-мониторинга, $FPD30_t^{после}$– доля после внедрения.

При эксплуатации BI-подхода менеджерами в течение 3 тестовых месяцев было выявлено, что использование дашборд-мониторинга позволяет снизить FPD_30 для «короткого» продукта с 1,8% до 1,4%, т.е. относительный эффект составил: $\Delta = \frac{1.8\%-1.4\%}{1.8\%} = 22.2\%$,

что является значимым улучшением качества портфеля клиентов.

Дополнительный эффект достигается за счёт сокращения времени управленческой реакции: динамические дашборд-панели позволяют обнаруживать изменения уже на уровне недельных и даже дневных выдач. Это особенно важно для сервисов рассрочки, где жизненный цикл продукта короткий, а накопление дефолтных сигналов происходит в первые недели после выдачи.

Таким образом, использование динамической BI-аналитики в процессах поддержки управления позволяет перейти от реактивного контроля качества к проактивной системе раннего предупреждения, в которой индивидуальный риск заявки, показатели групп выдачей, объединенных одним периодом и изменения поведения клиентских сегментов объединяются в единый управленческий контур.

5. Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что для компаний, предоставляющих услуги рассрочки, наибольшую практическую ценность представляет подход, объединяющий индивидуальное риск-моделирование и динамический мониторинг качества портфеля.

Поддержка управления выражается в двух аспектах:

1. Кредитный менеджер может руководствоваться оценкой вероятности дефолта, полученной им на этапе проверки клиента от модели логистической регрессии, видеть обоснование и влияющие на эту оценку факторы;

2. Руководители в лице портфельных и риск менеджеров при помощи дашборда могут отслеживать изменения в портфеле продуктов, качество потока клиентов, качество работы модели логистической регрессии. В совокупности это помогает им оперативно корректировать кредитную политику на основе постоянного дообучения прогнозной модель.

Полученная в работе логистическая регрессия показала, что признаки обладают достаточной прогностической способностью для оценки вероятности просрочки на периоде 30 дней и более. Наиболее значимыми факторами, уменьшающими вероятность наступления дефолта по рассрочке клиента, являются: «оценка от вендора №1», «возраст клиента», «оценка от вендора №3». Наиболее значимыми факторами, увеличивающими вероятность наступления дефолта по рассрочке клиента, являются: «запрошенная рассрочка суммой до 40 000 руб.», «пол клиента (мужчины)».

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности перехода от управления на основе анализа статической отчетности к системе поддержки управления качеством потока заявок заемщиков на выдачу рассрочек. Использование динамического мониторинга в управлении кредитными рисками групп по величине прогнозируемого дефолта позволяет уменьшить долю клиентов, не возвращающих денежные средства и обеспечивает контроль за метриками эффективности кредитного портфеля в целом по компании.

6. Заключение

В работе предложен подход к поддержке управления компанией, предоставляющей услуги рассрочки, на основе расчета значимых метрик и визуализации данных. В качестве ключевых инструментов использованы логистическая регрессия для оценки индивидуального риска заявки и динамическая аналитика в BI-системе Yandex DataLens для мониторинга качества портфеля на уровне когорт выдач.

Построенная модель показала достаточную прогностическую способность на признаках, доступных в момент подачи заявки, что подтверждает возможность ее использования в процессах одобрения заявок и риск-сегментации клиентского потока. Когортный анализ в разрезе продуктов и клиентских сегментов продемонстрировал высокую практическую ценность для контроля изменений качества потока.

Таким образом, совместное использование логистической регрессии и динамической BI-аналитики обеспечивает эффективную поддержку управленческих решений в компании, предоставляющей услуги рассрочки, и может служить основой для формирования и дальнейшего развития интеллектуальной информационно-аналитической системы.

Литература

1. Yandex DataLens: BI-система для бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://datalens.ru/, свободный.
2. Niu Z., Cheng D., Zhang L., Zhang J. Visual analytics for networked-guarantee loans risk management // 2018 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis). – 2018. – P. 160–169.
3. Cornelli G., Gambacorta L., Pancotto L. Buy now, pay later: a cross-country analysis // BIS Quarterly Review. – 2023.
4. Hayashi F., Routh A. Financial Constraints Among Buy Now, Pay Later Users // Economic Review. Federal Reserve Bank of Kansas City. – 2025. – Vol. 110, No.
5. Фролов, Ю. В. Маркетинговые исследования потребителей товаров на основе применения самоорганизующихся карт признаков / Ю. В. Фролов // Маркетинг и маркетинговые исследования в России. – 2000. – № 5. – С. 14-22. – EDN HVYJQR.
6. Frolov, Yu. V. Statistical Study of Factors Affecting the Risk of Lending by Microfinance Institutions / Yu. V. Frolov, T. M. Bosenko, E. S. Konopelko // Software Engineering Research in System Science: Proceedings of 12th Computer Science On-line Conference 2023, Zlin, Czech Republic, 01–30 апреля 2023 года. Vol. 722-1. – Springer Nature Switzerland AG: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 361-369. – DOI 10.1007/978-3-031-35311-6_37.
7. Identification and Interpretation of Significant Factors Influencing Client Defaults in Microfinance Institutions Using Machine Learning Methods / Yu. V. Frolov, E. S. Zhidkova, T. M. Bosenko, A. L. Zhidkov // Cybernetics and Control Theory in Systems : Proceedings of 13th Computer Science On-line Conference 2024, Zlin, Czech Republic, 01 января – 31 2024 года. Vol. 1119-2. – Cham: Springer, 2024. – P. 150-157. – DOI 10.1007/978-3-031-70300-3_10.
8. Босенко, Т. М. Применение облачных платформ глубокого и машинного обучения студентами в условиях дистанционного образования / Т. М. Босенко, Ю. В. Фролов // Актуальные проблемы теории и практики обучения физико-математическим и техническим дисциплинам в современном образовательном пространстве : IV Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция, посвященная 75-летию факультета физики, математики, информатики Курского государственного университета, Курск, 16–17 декабря 2020 года. – Курск: Курский государственный университет, 2020. – С. 414-417. – EDN MZVPKJ.
9. Фролов, Ю. В. Управление знаниями : учебное пособие / Ю. В. Фролов ; Ю. В. Фролов. – Москва : Инженер, 2007. – 402 с. – ISBN 5-8208-0039-7. – EDN QOKGAN.
10. Bean R., Davenport T. Companies Are Failing in Their Efforts to Become Data-Driven // Harvard Business Review [Электронный ресурс]. – 2019. – 5 February. – Режим доступа: https://hbr.org/2019/02/companies-are-failing-in-their-efforts-to-become-data-driven
11. ISO/IEC 9075-1:2023. Information technology — Database languages — SQL — Part 1: Framework (SQL/Framework) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальный сайт ISO. – URL: https://www.iso.org/standard/76583.html
12. Python Software Foundation. Python 3.14.4 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: официальный сайт документации Python. – URL: https://docs.python.org/
13. ClickHouse, Inc. Что такое ClickHouse? | ClickHouse Docs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clickhouse.com/docs/ru/intro
14. Сорокин Александр Сергеевич Построение скоринговых карт с использованием модели логистической регрессии // Вестник евразийской науки. 2014. №2 (21). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-skoringovyh-kart-s-ispolzovaniem-modeli-logisticheskoy-regressii
15. Цуканова О. А., Ярская А. А. Сущность и роль BI-систем в современной экономике // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2021. – № 2(45). – С. 79–85.
16. scikit-learn developers. roc_auc_score — scikit-learn documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.roc_auc_score.html
17. Bhalla D. Gini, Cumulative Accuracy Profile, AUC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.listendata.com/2019/09/gini-cumulative-accuracy-profile-auc.htm

18. Банк России. Положение Банка России от 28.06.2017 № 590-П “О порядке формирования кредитными организациями резервов на возможные потери по ссудам, ссудной и приравненной к ней задолженности” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cbr.ru/Queries/UniDbQuery/File/90134/2760.

Management Support for an Installment Financing Company Based on Data Analysis and Visualization

Frolov Yu.V., Zhidkov A.L.
Moscow City University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This study proposes a management support approach for a company offering installment payment services through the integration of business intelligence analytics and regression modeling. Based on a dataset of 27,437 customer applications, the structure of the incoming customer flow, product characteristics, and external data attributes were analyzed. The results demonstrate that the available data are sufficient to address key management tasks, including customer default probability prediction, assessment of incoming application flow quality, evaluation of approval rule effectiveness, and portfolio-level risk monitoring. A visualization implemented in Yandex DataLens is further proposed to support managerial decision-making in an interactive monitoring environment. In addition, the potential economic effect of implementing the analytical system is assessed through the observed reduction in the share of defaulting customers following the deployment of the BI-based tool.

Keywords: installment; data visualization; credit risk; Yandex DataLens; management support.

References

1. Yandex DataLens: BI System for Business. – Available at: https://datalens.ru/.
2. Niu Z., Cheng D., Zhang L., Zhang J. Visual Analytics for Networked-Guarantee Loans Risk Management // IEEE Pacific Visualization Symposium. – 2018. – P. 160–169.
3. Cornelli G., Gambacorta L., Pancotto L. Buy Now, Pay Later: A Cross-Country Analysis // BIS Quarterly Review. – 2023.
4. Hayashi F., Routh A. Financial Constraints Among Buy Now, Pay Later Users // Economic Review. – Federal Reserve Bank of Kansas City. – 2025. – Vol. 110.
5. Frolov, Yu. V. Marketing Research of Consumers Based on the Application of Self-Organizing Feature Maps / Yu. V. Frolov // Marketing and Marketing Research in Russia. – 2000. – No. 5. – P. 14–22. – EDN HVYJQR.
6. Frolov, Yu. V. Statistical Study of Factors Affecting the Risk of Lending by Microfinance Institutions / Yu. V. Frolov, T. M. Bosenko, E. S. Konopelko // Software Engineering Research in System Science: Proceedings of the 12th Computer Science On-line Conference 2023, Zlin, Czech Republic, April 01–30, 2023. Vol. 722-1. – Cham : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 361–369. – DOI 10.1007/978-3-031-35311-6_37.
7. Identification and Interpretation of Significant Factors Influencing Client Defaults in Microfinance Institutions Using Machine Learning Methods / Yu. V. Frolov, E. S. Zhidkova, T. M. Bosenko, A. L. Zhidkov // Cybernetics and Control Theory in Systems: Proceedings of the 13th Computer Science On-line Conference 2024, Zlin, Czech Republic, January 01–31, 2024. Vol. 1119-2. – Cham : Springer, 2024. – P. 150–157. – DOI 10.1007/978-3-031-70300-3_10.
8. Bosenko, T. M. Application of Cloud Platforms for Deep and Machine Learning by Students in Distance Education Conditions / T. M. Bosenko, Yu. V. Frolov // Current Problems of Theory and Practice of Teaching Physical, Mathematical and Technical Disciplines in the Modern Educational Space: Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 75th Anniversary of the Faculty of Physics, Mathematics and Informatics of Kursk State University, Kursk, December 16–17, 2020. – Kursk : Kursk State University, 2020. – P. 414–417. – EDN MZVPKJ.
9. Frolov, Yu. V. Knowledge Management : textbook / Yu. V. Frolov. – Moscow : Engineer, 2007. – 402 p. – ISBN 5-8208-0039-7. – EDN QOKGAN.
10. Bean R., Davenport T. Companies Are Failing in Their Efforts to Become Data-Driven // Harvard Business Review. – 2019. – February 5. – Available at: https://hbr.org/2019/02/companies-are-failing-in-their-efforts-to-become-data-driven.
11. ISO/IEC 9075-1:2023. Information Technology — Database Languages — SQL — Part 1: Framework (SQL/Framework). – Available at: https://www.iso.org/standard/76583.html.
12. Python Software Foundation Python 3.14.4 Documentation. – Available at: https://docs.python.org/.
13. ClickHouse Docs: What is ClickHouse?. – Available at: https://clickhouse.com/docs/ru/intro.
14. Sorokin, A. S. Construction of Scoring Cards Using Logistic Regression Models // Bulletin of Eurasian Science. – 2014. – No. 2(21). – Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-skoringovyh-kart-s-ispolzovaniem-modeli-logisticheskoy-regressii.
15. Tsukanova, O. A. Essence and Role of BI Systems in the Modern Economy / O. A. Tsukanova, A. A. Yarskaya // Scientific Journal NRU ITMO. Series: Economics and Environmental Management. – 2021. – No. 2(45). – P. 79–85.
16. scikit-learn developers. roc_auc_score — scikit-learn Documentation. – Available at: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.roc_auc_score.html.
17. Bhalla D. Gini, Cumulative Accuracy Profile, AUC. – Available at: https://www.listendata.com/2019/09/gini-cumulative-accuracy-profile-auc.htm.
18. Bank of Russia. Regulation of the Bank of Russia No. 590-P dated June 28, 2017 “On the Procedure for Credit Institutions to Form Loan Loss Provisions for Loans and Equivalent Debt”. – Available at: https://www.cbr.ru/Queries/UniDbQuery/File/90134/2760.

Экосистема стартап-культуры в образовательной организации: структура, участники и механизмы формирования предпринимательских намерений студентов

Зинин Максим Вячеславович
научный сотрудник, Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, mkzinin@gmail.com

В статье рассматривается экосистема стартап-культуры образовательной организации как совокупность ценностей, участников, проектных практик, наставнических связей и инфраструктурных механизмов, влияющих на формирование предпринимательских намерений студентов. Актуальность исследования определяется развитием проектно-ориентированных программ, университетских стартапов, акселераторов и формата «стартап как диплом» в российском высшем образовании. На основе современных российских исследований 2023-2025 гг., ранее опубликованных работ автора и практики реализации проектно-ориентированной программы в ОмГУ им. Ф. М. Достоевского предложена структурная модель такой экосистемы. Показано, что предпринимательские намерения студентов формируются не отдельной учебной дисциплиной, а устойчивым сочетанием образовательных модулей, ролевых проб, внешних партнерств, признания проектных результатов и опыта реального действия.

Ключевые слова: стартап-культура, предпринимательские намерения, студенческое предпринимательство, образовательная организация, проектно-ориентированная программа, предпринимательская экосистема, наставничество.

Введение

Современная образовательная организация все чаще выступает не только пространством передачи знаний, но и средой формирования профессионального действия. Особенно заметно это проявляется в предпринимательском образовании: студенту важно не только знать инструменты анализа рынка, проектирования продукта и привлечения ресурсов, но и приобретать готовность пробовать, принимать неопределенность, собирать команду и проверять гипотезы во внешней среде. В этой связи в российской высшей школе усиливается внимание к студенческому предпринимательству, акселерационным программам, бизнес-инкубаторам и формату «стартап как диплом».

Однако наличие отдельных мероприятий еще не означает сформированной стартап-культуры. Конкурсы проектов, дисциплины по предпринимательству и встречи с экспертами дают краткосрочный эффект, если не встроены в устойчивую систему ролей, норм, практик и организационной поддержки. Поэтому предметом анализа в статье выступает не отдельный инструмент, а экосистема стартап-культуры образовательной организации, то есть связанная совокупность условий, благодаря которым предпринимательское действие становится для студента понятным, социально одобряемым и практически доступным.

Методологическая основа исследования

Методологическую основу статьи составляют анализ и систематизация российских исследований последних лет, посвященных предпринимательским намерениям студентов, проектно-ориентированной подготовке и развитию университетских предпринимательских экосистем. В отчете GUESSS Russia 2023 подчеркивается, что специальные программы предпринимательского образования охватывают ограниченную долю студентов, а среди барьеров называются недостаток предпринимательского опыта у преподавателей, слабая связность университетов со стейкхолдерами предпринимательской среды и недостаточная вовлеченность студентов в реальные предпринимательские форматы [2].

Для настоящей работы принципиально важна логика, предложенная С. Н. Апенько и М. В. Зининым: проектно-ориентированная программа может рассматриваться как среда зарождения стартап-культуры, если образовательный процесс последовательно формирует инициативность, командность, ориентацию на результат и готовность работать с неопределенностью [1]. Эмпирико-практической базой статьи выступает опыт реализации программы «Управление проектами в инновационном предпринимательстве» в ОмГУ им. Ф. М. Достоевского.

Структура экосистемы стартап-культуры

Стартап-культура в образовательной организации понимается как система норм, ценностей, ролевых ожиданий и практик, поддерживающих создание студентами новых проектов. Экосистема стартап-культуры шире самой культуры: она включает участников, инфраструктуру, календарь событий, правила признания результата, каналы коммуникации и внешние связи, которые позволяют культуре воспроизводиться не эпизодически, а на протяжении всего периода обучения.

Структурно в такой экосистеме можно выделить несколько взаимосвязанных блоков. Ценностно-нормативный блок задает отношение к инициативе, ошибке, эксперименту, лидерству и ответственности. Образовательный блок включает дисциплины, проектные модули, практикумы, мастер-классы и задания, через которые студент осваивает предпринимательскую логику. Проектно-деятельностный блок переводит знание в действие: студент работает с реальными проблемами, пользователями, партнерами и ограниченными ресурсами. Наставнический блок соединяет преподавателей, предпринимателей, выпускников и старших студентов, снижая страх неопределенности и помогая пройти путь от идеи к проверяемому результату.

Не менее значимы инфраструктурный и коммуникационный блоки. Инфраструктура дает доступ к акселератору, проектному офису, грантовому сопровождению, консультациям и площадкам для командной работы. Коммуникационная среда делает предпринимательские пробы видимыми: публичные защиты, истории студентов, внутренняя медиа-поддержка и символическое признание проектных результатов формируют у обучающихся представление о том, что предпринимательская активность является нормальной частью образовательной траектории.

Участники и механизмы формирования предпринимательских намерений

Центральным участником экосистемы является студент, однако он не должен рассматриваться только как получатель образовательной услуги. В стартап-культуре студент становится автором проекта, участником команды, исследователем рынка, организатором событий и носителем горизонтальной культуры. Вторая группа участников - преподаватели и руководители образовательных модулей. Их роль состоит в проектировании ситуаций, где знание применяется к реальным задачам. Третья группа - администраторы программы, проектный офис и управленческая команда: именно они обеспечивают ритм событий, партнерства, ресурсную поддержку и преемственность. Особое значение имеют старшие студенты, выпускники и наставники-практики, потому что они передают культуру через повседневные образцы поведения.

Предпринимательское намерение можно рассматривать как осознанную готовность студента в будущем создать собственный проект, бизнес или иной самостоятельный продуктовый формат. Российские исследования показывают, что на такие намерения влияют установки, воспринимаемый контроль, образовательный опыт, страхи, направление подготовки и наличие понятных ролевых моделей [3; 4; 5]. В образовательной организации эти факторы могут усиливаться или, наоборот, блокироваться в зависимости от качества среды.

Первый механизм формирования намерений - нормализация предпринимательской пробы. Студент легче переходит к действию, если предпринимательство перестает восприниматься как исключительный путь для «особенных» людей и становится доступной учебно-профессиональной практикой. Второй механизм - повышение воспринимаемого контроля: через пошаговые задания, наставничество, обратную связь и малые проектные победы студент начинает видеть, что может влиять на результат. Третий механизм - ролевая идентификация, когда обучающийся примеряет на себя позиции основателя проекта, лидера команды, переговорщика или исследователя клиента. Четвертый механизм - социальное подкрепление: публичное признание инициатив, демонстрация успехов сверстников и поддержка со стороны значимых взрослых повышают вероятность предпринимательского выбора.

Практическая модель и показатели зрелости

Практика проектно-ориентированной программы «Управление проектами в инновационном предпринимательстве» показывает, что образовательная программа может стать ядром стартап-культуры, если она соединяет учебные модули, проектную деятельность, наставничество и внешние связи. На ранних этапах обучения студент включается в командные события, лагеря, проектные интенсивы и исследовательские задания. Далее предпринимательская логика усложняется: появляются работа с гипотезами, клиентскими потребностями, бизнес-моделью, финансовой логикой, коммуникацией и привлечением ресурсов. На старших курсах возрастает роль менторов, партнеров, грантовых заявок, акселерационных форматов и защиты проекта как результата образовательной траектории.

Зрелость экосистемы стартап-культуры может оцениваться по нескольким показателям. Первый показатель - повторяемость предпринимательских практик в разные годы обучения, а не разовая активность. Второй - наличие понятных ролей участников: студентов, преподавателей, наставников, выпускников, проектного офиса и внешних партнеров. Третий - переход от учебных заданий к реальным продуктам, событиям, заявкам, продажам или социально значимым результатам. Четвертый - наличие горизонтальной передачи опыта, когда старшие студенты и выпускники становятся проводниками культуры для младших курсов. Пятый - внешняя связность с предпринимателями, фондами, работодателями, школами и институтами развития.

Дополнительным условием устойчивости экосистемы является регулярная обратная связь от студентов и внешних участников. Она позволяет оценивать не только количество мероприятий и проектных команд, но и изменение предпринимательской готовности обучающихся: понимание собственных ресурсов, готовность брать ответственность за результат, способность работать с неопределенностью и переходить от учебной идеи к проверяемому продукту. В этом смысле стартап-культура фиксируется не только через наличие инфраструктуры, но и через повторяющиеся образовательные ситуации, в которых студент получает опыт самостоятельного выбора, проверки гипотезы и публичной защиты результата.

Механизмы образовательного сопровождения стартап-культуры

Для перевода стартап-культуры из набора отдельных мероприятий в устойчивую экосистему образовательной организации важна последовательность сопровождения студента. На первом этапе студент сталкивается с предпринимательством как с понятной социальной нормой: он видит проекты старших курсов, получает простые инструменты анализа потребителя, участвует в командных обсуждениях и понимает, что проектная проба не является исключением из учебного процесса. На втором этапе возникает личная включенность: обучающийся выбирает проблему, формулирует гипотезу ценности, проверяет ее через интервью, наблюдение или первичный тест продукта. На третьем этапе появляется опыт ответственности за результат: студент защищает решение перед экспертами, получает обратную связь, дорабатывает продуктовую и организационную модель. Именно такая повторяемая траектория постепенно переводит предпринимательское намерение из уровня общего интереса в уровень готовности к действию.

Важным механизмом формирования намерений выступает ролевое моделирование. В образовательной организации студенту недостаточно услышать тезис о важности предпринимательства; ему необходимо увидеть несколько реалистичных сценариев предпринимательского поведения. Один сценарий связан с созданием коммерческого проекта и выходом на первые продажи, второй - с социальным или технологическим проектированием, третий - с внутриорганизационным предпринимательством, когда обучающийся запускает новую практику, сервис или событие внутри существующей структуры. Такое расширение представлений снижает барьер входа: предпринимательство воспринимается не как редкая биография основателя крупной компании, а как управляемый способ видеть проблему, собирать ресурсы, проверять решение и отвечать за созданную ценность.

Отдельного внимания требует позиция преподавателя и наставника. В стартап-экосистеме они выступают не только трансляторами знаний, но и организаторами образовательной ситуации, в которой неопределенность становится допустимой частью обучения. Наставник помогает студенту не заменить собственное решение готовой подсказкой, а пройти путь уточнения проблемы, выбора показателей, проверки гипотез и анализа ошибок. При этом педагогическое сопровождение должно сохранять баланс между поддержкой и самостоятельностью: чрезмерный контроль снижает субъектность студента, а отсутствие рамки превращает проектную работу в набор случайных действий. Поэтому зрелая стартап-культура предполагает понятные правила, регулярные контрольные точки, публичную защиту промежуточных результатов и пространство для самостоятельных решений команды.

Существенным элементом экосистемы является внутренняя коммуникация. Стартап-культура закрепляется тогда, когда результаты студентов становятся видимыми для образовательной организации: проекты обсуждаются на встречах, включаются в медийные материалы, становятся примерами для новых наборов, а успешные участники возвращаются в роли наставников. Такая коммуникация выполняет не только информационную, но и нормативную функцию. Она показывает, какие формы поведения считаются ценными: инициативность, готовность к проверке идеи, открытость к обратной связи, способность работать в команде и доводить начатое до измеримого результата. Без этой символической и коммуникационной поддержки даже сильные проектные мероприятия могут оставаться разовыми событиями, не меняющими культуру организации.

Заключение

Экосистема стартап-культуры в образовательной организации представляет собой систему ценностей, участников, образовательных практик, наставнических связей, инфраструктуры и внешних партнерств, направленную на формирование предпринимательских намерений студентов. Ее развитие невозможно свести к отдельному курсу или набору мероприятий: эффект возникает, когда предпринимательская логика встроена в программу, поддержана ролевыми моделями, ресурсами и возможностью реального действия.

Литература

1. Апенько С. Н., Зинин М. В. Формирование стартап-культуры на проектно ориентированной программе подготовки в системе высшего образования // Инновационная экономика и общество. 2025. № 2 (48). С. 56-64.

2. Широкова Г. В. и др. Глобальное исследование предпринимательского духа студентов. Россия, 2023. СПб.: Высшая школа менеджмента СПбГУ, 2024.

3. Мирзоян А. Г., Синякова Е. А., Михайлова Л. А., Суслова И. П. Предпринимательские намерения студентов: модерирующий эффект личностных характеристик // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2025.

4. Воронов А. С. Внешние факторы формирования предпринимательских намерений студентов МГУ имени М. В. Ломоносова за 2020-2024 гг. // Высшее образование в России. 2024.

5. Омаров Э. З. Предпринимательские намерения студентов: ожидание и реальность // Journal of Monetary Economics and Management. 2025. № 7. С. 148-153.

6. Петров А. М. Современные тенденции в подготовке студентов российских вузов к предпринимательской деятельности // Лидерство и менеджмент. 2024. Т. 11. № 1. С. 101-120.

7. Российские университеты в регионах формируют экосистемы студенческого предпринимательства // Платформа университетского технологического предпринимательства. 2024.

8. Техпред-50: рейтинг университетов-лидеров технологического предпринимательства. Аналитический центр «Эксперт». 2024.

Startup culture ecosystem in an educational organization: structure, participants, and mechanisms for shaping students' entrepreneurial intentions

Zinin M.V.
Omsk State University named after. F. M. Dostoevsky

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the startup culture ecosystem of an educational organization as a set of values, participants, project practices, mentoring links and infrastructure mechanisms that influence the formation of students' entrepreneurial intentions. The relevance of the research is determined by the development of project-oriented programs, university startups, acceleration formats and the "startup as a diploma" model in Russian higher education. Based on recent Russian studies, previously published works and the practice of implementing a project-oriented program at Dostoevsky Omsk State University, the article proposes a structural model of such an ecosystem. The paper shows that entrepreneurial intentions are formed not by a single course, but by a stable combination of educational modules, role trials, external partnerships, recognition of project results and real action experience.

Keywords: startup culture, entrepreneurial intentions, student entrepreneurship, educational organization, project-oriented program, entrepreneurial ecosystem, mentoring.

References

1. Apenko S. N., Zinin M. V. Formation of startup culture in a project-oriented higher education program. Innovative Economy and Society. 2025;2(48):56-64. (In Russ.).
2. Shirokova G. V. et al. Global University Entrepreneurial Spirit Students' Survey. Russia, 2023. St. Petersburg: GSOM SPbU; 2024. (In Russ.).
3. Mirzoyan A. G., Sinyakova E. A., Mikhailova L. A., Suslova I. P. Entrepreneurial intentions of students: moderating effect of personality traits. Moscow University Economics Bulletin. 2025. (In Russ.).
4. Voronov A. S. External factors of entrepreneurial intentions of MSU students in 2020-2024. Higher Education in Russia. 2024. (In Russ.).
5. Omarov E. Z. Entrepreneurial intentions of students: expectation and reality. Journal of Monetary Economics and Management. 2025;7:148-153. (In Russ.).
6. Petrov A. M. Modern trends in preparing Russian university students for entrepreneurship. Leadership and Management. 2024;11(1):101-120. (In Russ.).
7. Russian universities in the regions are forming ecosystems of student entrepreneurship. University Technological Entrepreneurship Platform. 2024. (In Russ.).
8. Techpred-50: ranking of university leaders in technological entrepreneurship. Expert Analytical Center. 2024. (In Russ.).

Обеспечение роста кадрового потенциала в области биотехнологий

Кетоева Наталья Леонидовна
к.э.н., доцент кафедры менеджмента в энергетике и промышленности, Национальный исследовательский университет «МЭИ», KetoyevaNL@mpei.ru,

Иванова Юлия Игоревна
обучающаяся, Инженерно-экономический институт, Национальный исследовательский университет «МЭИ», IvanovaYulI@mpei.ru

В статье рассматриваются механизмы обеспечения роста кадрового потенциала в области биотехнологий через усиление взаимодействия работодателей с образовательными организациями высшего образования. На основе анализа научных исследований, авторефератов диссертаций и экспертных мнений, опубликованных в рецензируемых источниках, выявлены ключевые компетенции, востребованные на рынке биотехнологий, определены формы и периодичность влияния работодателей на учебные планы. Предложены дополнения к модели управления качеством высшего образования в цифровой среде в области биотехнологии, включающие блок профориентационного влияния работодателей, систему актуализации компетенций и механизмы обратной связи.

Ключевые слова: биотехнология, кадровый потенциал, работодатели, компетенции, учебный план, абитуриент, профориентация, управление качеством образования, экосистемный подход.

Введение

Современный этап развития биотехнологической отрасли характеризуется беспрецедентным ростом: мировой рынок биотехнологий оценивался в 2023 году в 1,55 трлн долларов США и, по прогнозам аналитических агентств, к 2030 году достигнет 3,88 трлн долларов при среднегодовом темпе роста 13,96% [20, 13]. В Российской Федерации реализация национального проекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» на период 2025-2030 годов направлена на наращивание уровня технологической независимости до 40% и увеличение объёма производства продукции биоэкономики на 96%. Однако устойчивое развитие отрасли невозможно без квалифицированных кадров. Согласно экспертным оценкам, к 2036 году в секторе биоэкономики России потребуется не менее 22 тысяч новых специалистов, основная доля которых - инженеры нового поколения с междисциплинарной подготовкой. Несмотря на большое разнообразие программ обучения в сфере биотехнологий, многие компании отмечают слабый уровень подготовки молодых специалистов и отсутствие у них профессиональных навыков работы на современном оборудовании [12, 3, 8].

Стратегическое взаимодействие между работодателями и вузами становится критическим фактором обеспечения качества образования. Как справедливо отмечают исследователи, взаимодействие работодателя с высшим учебным заведением должно быть неотъемлемой частью всех этапов учебного процесса, а сотрудничество между университетами и предприятиями является ключевым инструментом как повышения качества образования, так и наиболее эффективного использования знаний в сфере труда [17, 14]. В данных обстоятельствах важнейшей задачей является анализ позиций двух сторон - образовательных организаций высшего образования и потребителей их продукции - предприятий и организаций, поскольку существует точка зрения, что в настоящее время ощущается отсутствие системного подхода к организации эффективного взаимодействия российских вузов и работодателей.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на системном анализе научной литературы, авторефератов диссертаций и экспертных материалов, опубликованных в рецензируемых источниках, а также на данных аналитических агентств, нормативно-правовых и результатах эмпирических исследований профориентации и кадрового спроса. Для выявления ключевых компетенций применялся контент-анализ вакансий и экспертных оценок. Разработанный механизм интеграции работодателей в систему управления качеством сформирован методом моделирования с использованием кибернетического цикла обратной связи и принципов data-driven управления.

Цель исследования - разработка научно обоснованных механизмов интеграции работодателей в систему управления качеством высшего образования в области биотехнологии для обеспечения роста кадрового потенциала отрасли. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выявить механизмы влияния работодателей на выбор абитуриентами направления подготовки «Биотехнология»; определить оптимальную частоту и формы влияния работодателей на учебный план; проанализировать наличие единого источника актуализации компетенций в области биотехнологий; предложить механизмы отображения связей между студентами, преподавателями, образовательными программами и работодателями в модели управления качеством.

Научная новизна исследования заключается в теоретическом обосновании и операционализации механизма влияния работодателей на осознанный выбор абитуриентами направления «Биотехнология», где индустриальные партнёры рассматриваются не как пассивные потребители кадров, а как активные субъекты профориентационного контура, формирующие ранний спрос через целевые договоры и дифференцированную цифровую коммуникацию; в модель управления качеством высшего образования интегрирован функциональный блок «Профориентационно-кадровая подсистема» обеспечивающий сквозную трансляцию отраслевых требований от этапа привлечения абитуриента до трудоустройства посредством замкнутого кибернетического цикла обратной связи, включение данного блока трансформирует линейную модель подготовки в адаптивную образовательную экосистему, что приводит к снижению академического отсева за счёт ранней профессиональной идентифика-

ции, обеспечению динамической актуализации компетенций и формированию измеримого Интегрального индекса качества, переводящего управление кадровым потенциалом в режим data-driven решений.

Теоретико-методологическую основу исследования составляют квалитативная парадигма А.И. Субетто и системные модели качества Н.А. Селезнёвой, трактующие качество образования как динамическую, многомерную характеристику, зависящую от согласованности целей субъектов образовательного процесса и их адаптивности к внешним вызовам.

Структурным каркасом выступает экосистемный подход (П.О. Лукша), согласно которому университет трансформируется в открытую социально-экономическую систему, где работодатели, регуляторы, научные центры и студенты выступают равноправными узлами обмена ресурсами и компетенциями. Это обосновывает интеграцию индустриальных партнёров на ранних этапах - при проектировании учебных планов и профориентации, а не только при трудоустройстве выпускников.

Механизмы влияния работодателей на выбор абитуриентами направления подготовки «Биотехнология»

Работодатели могут эффективно влиять на выбор абитуриентов через многоуровневую систему профориентации [16]. Ключевые мотивы выбора: 57,9% ориентируются на карьерный рост и трудоустройство, 56,0% - на уровень зарплаты (Казанцева и др., 2023). При этом влияние школьных педагогов минимально (~4,5%), а традиционная вузовская профориентация охватывает лишь 2,2% абитуриентов. Ближайшее социальное окружение сохраняет значимое влияние (17,8%), но часто не располагает актуальной отраслевой информацией, что создаёт разрыв между ожиданиями молодёжи и реальными перспективами биотехнологического рынка. Это требует трансформации профориентации в целостную, научно обоснованную систему с дифференциацией коммуникационных стратегий по целевым аудиториям. Для преодоления стереотипов о биотехнологии целесообразно разрабатывать специализированные материалы для абитуриентов и родителей [9].

- **Карьерные траектории:** примеры успешных выпускников, работающих в фармацевтических компаниях, научно-исследовательских институтах, стартапах;
- **Уровень заработной платы в биотехнологии**: данные Росстата и аналитических агентств о средней заработной плате специалистов биотехнологического профиля;
- **Социальную значимость профессии:** вклад биотехнологов в решение глобальных вызовов.

В условиях цифровой трансформации вузам необходимо пересматривать профориентационные подходы: для поколений Z и Alpha визуальная коммуникация является предпочтительным способом восприятия информации [7]. Исследования подтверждают, что традиционные инструменты утрачивают эффективность, тогда как мультимедийный контент демонстрирует высокую вовлечённость молодёжи [2]. Для рекрутинга в биотехнологии рекомендуется интегрированный визуальный подход: иммерсивные видео, инфографика карьерных траекторий, VR-туры и размещение контента на молодёжных платформах.

Исследование ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2026) показало, что организации промышленной биотехнологии лучше обеспечены специалистами биотехнологического профиля, чем инженерного. Наиболее востребованы инженеры по биосимилярам, биоинформатики, специалисты по трансферу технологий и генные инженеры. Выявлен дисбаланс компетенций: максимум - на стадии разработки, минимум - на стадии производства, что свидетельствует о разрыве между образованием и потребностями реального сектора. Ключевые компетенции носят междисциплинарный характер и включают знание нормативных требований, технологий, принципов работы оборудования, а также навыки работы с большими данными и автоматизацией. В этой связи приоритетной становится ранняя профориентация на биологические профессии в школьном образовании [8].

Эффективные формы воздействия включают экскурсии на предприятия, научные мероприятия [4] и привлечение школьников к проектно-исследовательской работе для формирования ранней профессиональной идентификации [1]. Работодатели могут выступать партнёрами олимпиад, хакатонов и конкурсов. Участие индустрии в экспертизе образовательных программ обеспечивает актуальность обучения и формирует понимание реальных требований рынка труда.

Представители биофармацевтических компаний и научно-исследовательских институтов могут проводить мастер-классы, лекции и стажировки, демонстрирующие современные биотехнологические практики. Вузы дают хорошую фундаментальную подготовку, но выпускникам часто не хватает практических навыков работы на реальном, нередко уникальном технологическом оборудовании [8]. Интеграция производственных практик в образовательный процесс позволяет компенсировать этот дефицит.

Заключение договоров о целевом обучении с гарантией трудоустройства - эффективный механизм влияния работодателей на выбор абитуриентов [5]. Целевой набор обеспечивает сквозное взаимодействие вуза и предприятия, способствуя ранней профессионализации студентов через отраслевые практики и адаптацию учебных дисциплин под корпоративные стандарты [18]. Однако для максимальной эффективности участие предприятий необходимо не только при заключении договора, но и на этапе контроля учебных результатов.

Частота и формы влияния работодателей на учебный план

Нормативные механизмы актуализации учебных планов требуют систематического взаимодействия работодателей с вузами. Исследование ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2026) показало, что работодатели оценивают инженерные компетенции выпускников в среднем на 3,7 из 5, а навыки проектирования технологических линий и адаптации оборудования - ниже (3,53–3,58), что обосновывает необходимость более тесного вовлечения предприятий в образовательный процесс [12].

Рекомендуется ежегодный мониторинг компетенций работодателями. В условиях цифровизации вузы могут ежегодно актуализировать рабочие программы через учебно-методические комиссии, оперативно интегрируя новые модули (биомедицинское оборудование, автоматизация биопроцессов, цифровые двойники). Рамочные требования ФГОС 3++ обеспечивают вариативность для включения актуальных компетенций без изменения структуры программы. Практические модули могут обновляться ежегодно через краткосрочные модули, мастер-классы и кейсы из реальной практики, что соответствует рекомендациям по гибкой маршрутизации образовательных траекторий.

Формы участия работодателей в образовательном процессе, подтверждённые научными исследованиями, включают:

1. Участие в разработке программ: включение работодателей в учебно-методические комиссии и экспертизу программ на соответствие профстандартам (например, 26.024 «Специалист в области биотехнологии биологически активных веществ», 2020).
2. Преподавательская деятельность: лекции и мастер-классы от практиков, руководство ВКР на реальных задачах; студенческие КБ с менторской поддержкой экспертов формируют прикладные навыки через участие в реальных инженерных процессах [11].
3. Организация практики: базы практик с производственными задачами, наставники от предприятий, экскурсии; расширение форм взаимодействия вузов с предприятиями формирует навыки работы с современным биотехнологическим оборудованием [12].
4. Оценка качества: выпускники, обучавшиеся с участием индустриальных партнёров (стажировки, дуальное обучение), демонстрируют более высокий уровень подготовки, что обосновывает интеграцию работодателей в процедуры оценки качества [10].

Система актуализации компетенций в области биотехнологии

На сегодняшний день в России отсутствует централизованный постоянно обновляемый источник компетенций в области биотехнологий. Существующие профессиональные стандарты и ФГОС обновляются с периодичностью 5-7 лет, что создаёт объективный лаг между скоростью технологического развития отрасли и актуальностью образовательных требований. Анализ показывает, что компетенции в действующих образовательных программах часто имеют обобщённый характер и не всегда отражают актуальные требования промышленной биотехнологии.

На основе анализа вакансий выделены ключевые навыки, востребованные на рынке биотехнологии:

Профессиональные (hard skills) компетенции:

- Молекулярная биология и генная инженерия: владение методами ПЦР, клонирования, секвенирования, редактирования генома (CRISPR/Cas9), работа с рекомбинантными белками и синтетической биологией.
- Культивирование и биопроцессы: навыки работы с культурами клеток, микроорганизмами, поддержание стерильности, масштабирование процессов от лабораторных до промышленных биореакторов.
- Биоинформатика и анализ данных: владение Python/R для обработки омиксных данных, работа с платформами NGS-анализа (Galaxy, Geneious, Benchling), основы машинного обучения.
- Цифровые и инженерные компетенции: знание устройства биотехнологического оборудования, требований безопасности, навыки автоматизации и роботизации лабораторных процессов в контексте Industry 4.0 [12, 21].

Универсальные (soft skills) компетенции:

- Критическое мышление и решение проблем в условиях неопределённости.
- Коммуникация и координация в междисциплинарных командах.
- Проектное управление: планирование, организация и контроль НИОКР, управление рисками.
- Этическая осознанность при работе с генетическими данными и биобезопасностью.

Наиболее перспективны компетенции, сочетающие глубокое понимание устройства оборудования, обеспечение безопасной эксплуатации и адаптацию технологических решений под биологические параметры.

Необходимо формирование реестра компетенций в области биотехнологии с функциями: ежегодный мониторинг востребованных навыков через анализ вакансий и экспертных опросов; бенчмаркинг с международными стандартами (например, BioSkills Framework) [19]; публикация обновляемых рекомендаций для вузов; интеграция с платформой «Работа в России».

1. Интеграция связей «студенты - преподаватели - образовательные программы - работодатели» в модель управления качеством

Анализ модели Р.Р. Закиевой выявил четыре базовые подсистемы (A-D), однако взаимодействие внешних субъектов (работодателей, регуляторов, научных фондов) с внутренними процессами описано недостаточно детально, что ограничивает реализацию экосистемного подхода [6, 15].

В биотехнологическом образовании кибернетический цикл (аналитический - адаптивный - творческий) трансформирует нормативный контроль в адаптивную систему: автоматизированный сбор данных о востребованных навыках позволяет оперативно корректировать индивидуальные образовательные маршруты (ИОМ), переводя управление из реактивного «исправления ошибок» в проактивный режим «предупреждения дефицитов». Качество рассматривается как динамическая согласованность интересов экосистемы, где внешние стейкхолдеры выступают активными соавторами учебных модулей, а студент сохраняет статус центрального носителя качества с постоянно обновляемым цифровым профилем.

Для обеспечения сквозного взаимодействия предложена пятая подсистема – «Профориентационно-кадровая» (блок Е). Она транслирует отраслевые запросы в содержательно-целевую и технологическую подсистемы, аккумулируя данные о трудоустройстве для корректировки ИОМ. Архитектура блока Е операционализирована через четыре модуля:

1. *Профориентация и привлечение* – раннее вовлечение через сетевые проекты, целевое обучение и корпоративные стипендии;
2. *Диагностика и отбор* – оценка профессиональной направленности, личностных качеств и цифровых компетенций с участием работодателей;
3. *Актуализация компетенций* – ежегодный мониторинг дефицитных навыков и оперативная корректировка рабочих программ;
4. *Трудоустройство и карьерное развитие* – трекинг занятости (6/12/36 мес.), alumni-наставничество и замкнутый контур обратной связи.

Интеграция блока Е с цифровыми инструментами (LMS для кейсов, HR-платформы для вакансий, реестр компетенций и аналитика трудоустройства) обеспечивает сквозную поддержку всех этапов. Внедрение модели трансформирует разрозненные процессы в единую адаптивную экосистему, выступая ключевым инструментом роста кадрового потенциала в биотехнологиях (Рис. 1).

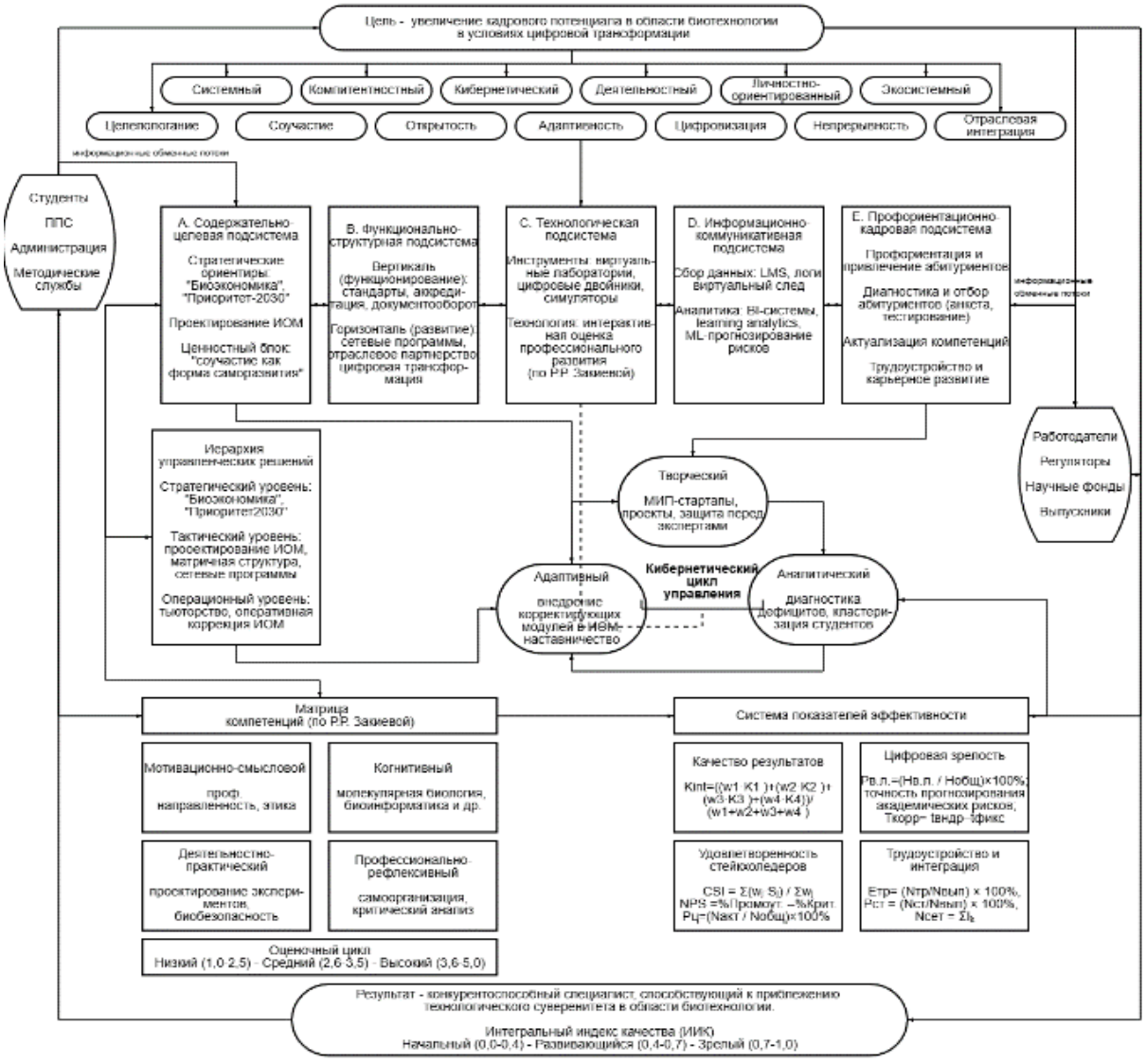


Рисунок 1. Модель управления качеством высшего образования в области биотехнологии

Механизм влияния модели на кадровый потенциал реализуется на четырёх уровнях:

1. Сквозной кадровый контур (Блок E): Ранняя диагностика и совместная с работодателями актуализация компетенций на этапе профориентации снижают академический отсев и сохраняют входящий кадровый ресурс.

2. Цифровая персонализация (Подсистемы C и D): Интеграция виртуальных лабораторий с ML-аналитикой позволяет формировать ИОМ и «бесшовно» закрывать индивидуальные дефициты без перегрузки инфраструктуры.

3. Динамическая адаптация (Кибернетический цикл): Замкнутый цикл «аналитика - адаптация - творчество» обеспечивает автоматическую корректировку учебных модулей при изменении отраслевых запросов, предотвращая выпуск неконкурентоспособных специалистов.

4. Стратегическое выравнивание (ИИК): Интегральный индекс качества связывает операционные процессы вуза с национальными целями («Биоэкономика», «Приоритет-2030»), переводя управление на принципы data-driven management.

В совокупности модель трансформирует пассивное «производство» выпускников в активное управление качеством человеческого капитала, где каждый этап - от школьной профориентации до трудоустройства в МИП-стартапы - направлен на обеспечение технологического суверенитета в биотехнологиях.

Заключение

Проведенное исследование позволило разработать комплексный подход к обеспечению роста кадрового потенциала в области биотехнологий через интеграцию работодателей в систему управления качеством образования.

Основные результаты

2. Выявлены механизмы влияния работодателей на выбор абитуриентами биотехнологии: ранняя профориентация (экскурсии, олимпиады, мастер-классы), формирование имиджа профессии, целевое обучение с гарантией трудоустройства.

3. Определена оптимальная частота взаимодействия: ежегодный мониторинг компетенций и обновление практических модулей.

4. Выявлено отсутствие единого источника актуализации компетенций в РФ; предложено создание Национального реестра компетенций.

5. Разработан блок E «Профориентационно-кадровая подсистема» для интеграции в модель управления качеством, включающий профориентацию, диагностику абитуриентов, актуализацию компетенций и трудоустройство.

Практическая значимость: предложенные механизмы позволяют сократить разрыв между требованиями рынка и компетенциями выпускников, повысить трудоустройство по специальности и поддержать развитие биоэкономики России. Перспективы исследований: эмпирическая апробация модели и оценка её эффективности.

Литература

1. Бабич Любовь Васильевна, Бойцова Наталья Николаевна Приобщение школьников к научно-исследовательской деятельности на основе проектного подхода // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2025. №3 (48). С. 129-136.

2. Базикян С. А. Популяризация института в информационном пространстве региона (на примере гуманитарного института НовГУ) // Ученые записки НовГУ. 2020. №6 (31).С. 1-6.

3. Белова Ю. Ю., Борзых А. А. (2026) Инженерные кадры промышленной биотехнологии. Режим доступа: https://issek.hse.ru/news/1144369025.html. (дата обращения: 18.04.2026).

4. Гомилевская Галина Александровна, Михина Илона Сергеевна, Чернега Анастасия Андреевна Экскурсия-лекция как инструмент профориентационной работы при формировании трудовой мотивации школьников на примере г. Владивостока // Территория новых возможностей. 2023. №3 (67). С. 72-84.

5. Доброхотова Елена Николаевна Новые гарантии трудоустройства выпускников системы профессионального образования // Ежегодник трудового права. 2025. №15. С. 176-196.

6. Закиева Р. Р. Управление качеством образования в техническом университете на основе интегративной оценки профессионального развития студентов : автореферат дис. ... д-ра пед. наук : 5.8.7 / Закиева Рафина Рафкатовна. - Москва : Институт стратегии развития образования РАО, 2023. - 44 с.

7. Захарова Валерия Александровна Студенты поколения z: реальность и будущее // Научные труды Московского гуманитарного университета. 2019. №4. С. 47-54.

8. Инженеры и биотехнологи: какие кадры нужны биоэкономике : материалы круглого стола, 13 февр. 2026 г. / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». - М. : НИУ ВШЭ, 2026. - URL: https://www.hse.ru/news/development/1128156110.html (дата обращения: 18.04.2026).

9. Казанцева Галина Георгиевна, Ефремкова Татьяна Ивановна, Иванова Елена Владимировна, Затепякин Олег Аркадьевич Портрет абитуриента вуза в контексте развития кадрового потенциала региона // РППЭ. 2023. №3 (149). С. 23-34. – DOI: 10.26726/1812-7096-2023-3-23-34.

10. Климова Юлия Олеговна Анализ соответствия уровня компетенций выпускников ИТ-специальностей требованиям работодателей // Вопросы критического развития. 2021. №1. С.1-17.

11. Миронова Дарья Юрьевна, Киселева Полина Сергеевна, Баранов Игорь Владимирович Кооперация вузов и предприятий в контексте новых вызовов современного инженерного образования // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. 2023. №1. С.60-70.

12. О потребности в кадрах для развития биоэкономики в Российской Федерации : сообщение Министерства промышленности и торговли РФ // Коммерсантъ : общероссийская деловая газета. - 2026. - 13 марта. - Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/8500087 (дата обращения: 18.03.2026).

13. Пшебельская Людмила Юрьевна, Ледницкий Андрей Викентьевич Особенности оценки и перспективы развития биотехнологических инноваций // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2024. №2 (286). С. 5-12. DOI: 10.52065/2520-6877-2024-286-1.

14. Савицкая Елена Владиславовна Формы взаимодействия вузов и предприятий // Россия: тенденции и перспективы развития. 2019. №14-1. С. 713-717.

15. Саулембекова Г. С. Экосистемный подход в управлении качеством образования в вузе : автореферат дис. ... канд. пед. наук : 5.8.1 / Саулембекова Гульдана Сериковна. - Саранск : Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева, 2025. - 21 с.

16. Седова Наталья Олеговна, Перцева Ирина Анатольевна, Юрьева Ольга Дмитриевна Анализ эффективности профориентационных мероприятий вуза с использованием инструментов машинного обучения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2021. №4. Т. 17, № 4. С. 1032-1046. doi: https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202104.1032-1046.

17. Седова Нелли Владимировна, Седов Владимир Анатольевич Опыт взаимодействия вуза и работодателей в профессиональном педагогическом образовании // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2014. №3. С. 15-23.

18. Эзрох Юрий Семенович Целевой приём в Российские вузы: текущее состояние, проблемы и пути их решения // Высшее образование в России. 2022. №3. С.9-27.

19. Clemmons A. W., Timbrook J., Herron J. C., Crowe A. J. BioSkills Guide: Development and National Validation of a Tool for Interpreting the Vision and Change Core Competencies [Electronic resource] // CBE-Life Sciences Education. –-2020. - Vol. 19, No. 4. - DOI: 10.1187/cbe.19-11-0259. P.1-19.

20. Grand View Research. Biotechnology Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030 [Electronic resource]. - San Francisco: Grand View Research, Inc., 2023. - URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market (дата обращения: 20.02.2026).

21. Top 10 skills in biotechnology according to LinkedIn & Indeed job postings : [Electronic resource] // Biotechnology Jobs. - [2025]. - URL: https://biotechnologyjobs.co.uk/career-advice/top-10-skills-in-biotechnology-according-to-linkedin-indeed-job-postings (дата обращения: 28.04.2026).

Enhancing human capital development in the biotechnology sector

Ketoeva N.L., Ivanova Yu.I.

National Research University "MPEI"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This study explores mechanisms for enhancing human capital in biotechnology through strengthened collaboration between employers and higher education institutions. Drawing on a systematic review of peer-reviewed scientific literature, dissertation abstracts, and expert assessments, the research identifies core competencies demanded by the biotechnology labor market, defines the formats and frequency of employer engagement in curriculum development, and constructs a comprehensive profile of prospective biotechnology students. Furthermore, the authors propose targeted

enhancements to the quality management model for higher education in a digital biotechnology environment. These enhancements incorporate a structured component for employer-led career guidance, a dynamic system for continuous competency updating, and integrated feedback mechanisms. The proposed framework supports the alignment of academic training with industry needs and fosters sustainable talent development in the biotech sector.
Keywords: biotechnology; human capital; employers; competencies; curriculum; prospective student; career guidance; quality management in higher education; ecosystem approach.

References

1. Babich, L.V., Boitsova, N.N. Involving schoolchildren in research activities based on a project approach. *Vestnik of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian Research*, 2025, no. 3 (48), pp. 129-136.
2. Bazikyan, S.A. Popularization of the institute in the information space of the region (on the example of the Humanitarian Institute of NovSU). *Uchenye Zapiski NovGU*, 2020, no. 6 (31), pp. 1-6.
3. Belova, Yu.Yu., Borzikh, A.A. Engineering personnel for industrial biotechnology. Available at: https://issek.hse.ru/news/1144369025.html (accessed 18.04.2026).
4. Gomilevskaya, G.A., Mikhina, I.S., Chernega, A.A. Excursion-lecture as a tool for career guidance work in shaping schoolchildren's labor motivation: the case of Vladivostok. *Territory of New Opportunities*, 2023, no. 3 (67), pp. 72-84.
5. Dobrokhotova, E.N. New guarantees for employment of graduates of the vocational education system. *Yearbook of Labor Law*, 2025, no. 15, pp. 176-196.
6. Zakieva, R.R. *Quality management in education at a technical university based on integrative assessment of students' professional development*: abstract of dissertation for the degree of Doctor of Pedagogical Sciences: 5.8.7. Moscow: Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education, 2023. 44 p.
7. Zakharova, V.A. Generation Z students: reality and future. *Scientific Works of the Moscow University for the Humanities*, 2019, no. 4, pp. 47-54.
8. *Engineers and biotechnologists: what personnel does the bioeconomy need*: materials of a round table, February 13, 2026. National Research University Higher School of Economics. Moscow: HSE, 2026. Available at: https://www.hse.ru/news/development/1128156110.html (accessed 18.04.2026).
9. Kazantseva, G.G., Efremkova, T.I., Ivanova, E.V., Zatepyakin, O.A. Portrait of a university applicant in the context of regional human capital development. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2023, no. 3 (149), pp. 23-34. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-3-23-34.
10. Klimova, Yu.O. Analysis of the correspondence between the level of competencies of IT specialty graduates and employer requirements. *Critical Development Issues*, 2021, no. 1, pp. 1-17.
11. Mironova, D.Yu., Kiseleva, P.S., Baranov, I.V. Cooperation between universities and enterprises in the context of new challenges of modern engineering education. *Vestnik of Omsk University. Series: Economics*, 2023, no. 1, pp. 60-70.
12. On the need for personnel for the development of the bioeconomy in the Russian Federation: message from the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. *Kommersant*, 2026, March 13. Available at: https://www.kommersant.ru/doc/8500087 (accessed 18.03.2026).
13. Pshebelskaya, L.Yu., Lednitsky, A.V. Features of assessment and prospects for the development of biotechnological innovations. *Trudy BGTU. Series 5: Economics and Management*, 2024, no. 2 (286), pp. 5-12. DOI: 10.52065/2520-6877-2024-286-1.
14. Savitskaya, E.V. Forms of interaction between universities and enterprises. *Russia: Trends and Prospects for Development*, 2019, no. 14-1, pp. 713-717.
15. Saulembekova, G.S. *Ecosystem approach to quality management in education at a university*: abstract of dissertation for the degree of Candidate of Pedagogical Sciences: 5.8.1. Saransk: Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, 2025. 21 p.
16. Sedova, N.O., Pertseva, I.A., Yuryeva, O.D. Analysis of the effectiveness of university career guidance activities using machine learning tools. *Modern Information Technologies and IT-Education*, 2021, vol. 17, no. 4, pp. 1032-1046. DOI: https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202104.1032-1046.
17. Sedova, N.V., Sedov, V.A. Experience of interaction between university and employers in professional pedagogical education. *Vestnik of Leningrad State University named after A.S. Pushkin*, 2014, no. 3, pp. 15-23.
18. Ezrokh, Yu.S. Targeted admission to Russian universities: current state, problems and ways to solve them. *Higher Education in Russia*, 2022, no. 3, pp. 9-27.
19. Clemmons, A.W., Timbrook, J., Herron, J.C., Crowe, A.J. BioSkills Guide: Development and National Validation of a Tool for Interpreting the Vision and Change Core Competencies. *CBE-Life Sciences Education*, 2020, vol. 19, no. 4, pp. 1-19. DOI: 10.1187/cbe.19-11-0259.
20. Grand View Research. *Biotechnology Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024-2030* [Electronic resource]. San Francisco: Grand View Research, Inc., 2023. Available at: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market (accessed 20.02.2026).
21. Top 10 skills in biotechnology according to LinkedIn & Indeed job postings. *Biotechnology Jobs* [online], [2025]. Available at: https://biotechnologyjobs.co.uk/career-advice/top-10-skills-in-biotechnology-according-to-linkedin-indeed-job-postings (accessed 28.04.2026).

Гуманистический вектор в управлении девелопментом продукта

Стоянович Далибор
аспирант, направление подготовки 5.2.6 Менеджмент, Московский инновационный университет, dalibor@list.ru,

Карамян Инара Размиковна
канд. экон. наук, доцент кафедры экономики, менеджмента и информационных технологий, Московский инновационный университет, inara5555@yandex.ru

В статье рассматривается проблема интеграции гуманистического вектора в управление девелопментом продукта. **Введение:** проблема гуманистической направленности экономических процессов сохраняет свою значимость на каждом этапе экономической трансформации. В современных условиях она конкретизируется в задаче переосмысления управления девелопментом продукта, которое традиционно ориентировалось на коммерческую эффективность, но сегодня требует интеграции антропоцентричных критериев. **Цель исследования -** теоретическое обоснование интеграции гуманистического вектора в управление девелопментом продукта и содержательное наполнение этапов жизненного цикла продукта ценностно-ориентированными критериями. **Материалы и методы:** исследование базируется на анализе теоретических подходов к гуманизации экономических отношений. Применялись методы системного и сравнительного анализа, теоретического моделирования. **Результаты исследования:** предложена авторская интерпретация интеграции гуманистического вектора в восьмиэтапный цикл управления девелопментом продукта, включающая: дополнение сбора идей исследованием фундаментальных человеческих ценностей; трансформацию пресс-релиза в описание социальной ценности; введение критерия «индекс социального благополучия» на этапе приоритизации; расширение пользовательских сценариев до «жизненного контекста»; внедрение обязательных требований инклюзивности и этичности проектных решений; применение принципа «технологической антропологии»; дополнение функционального тестирования качественным исследованием пользовательского опыта; внедрение долгосрочного мониторинга влияния продукта на качество жизни. **Обсуждение и заключения:** обосновано, что гуманистический вектор не отрицает достижения классической теории управления девелопментом, а надстраивает над ней ценностно-ориентированную задачу, позволяющую гармонизировать экономические цели бизнеса с запросами личности и долгосрочными интересами общества. Предложенные дополнения к этапам цикла управления девелопментом продукта создают методологическую основу для практической реализации антропоцентричной модели в деятельности современных компаний.

Ключевые слова: управление девелопментом продукта, гуманистическая модель, жизненный цикл продукта, антропоцентричный подход, социальная ценность продукта, этичность проектных решений.

Проблема гуманистической направленности остается в центре научного внимания на протяжении длительного времени, поскольку противоречие между технологическим прогрессом и необходимостью сохранения гуманистических ориентиров актуализируется на каждом этапе экономической трансформации.

Анализ современных исследований показывает, что вопросы гуманистической направленности активно изучаются применительно к различным аспектам экономической реальности.

Т.Н. Парамонова и И.А. Рамазанов предлагают концепцию социально-гуманистического маркетинга. Концепция предполагает организацию деятельности, ориентированной не только на удовлетворение потребностей, формирование благосклонного отношения социального окружения и получение прибыли, но и на бескорыстное формирование справедливой социально-экономической, безопасной природной и стабильной политической среды обитания и духовного развития человека на основе гуманистических ценностей. Вознаграждением от подобной политики, по мнению исследователей, является стабильность социальной среды, которая выступает главным условием развития рынка и, как следствие, обеспечивает условия для успешного развития самой компании [5].

В.Н. Малейченко раскрывает гуманизацию общественного производства, подчеркивая, что ее основой является производительное освоение научно-технического прогресса. В трактовке автора гуманизация производства представляет собой расширенное воспроизводство экономических и социальных условий, необходимых для свободной и полной самореализации гуманистической сущности каждого индивида, и выступает определяющим социальным результатом научно-технического прогресса.

Этот результат достигается благодаря двум взаимосвязанным процессам:

1) трансформации фонда потребления общества в фонд свободного полного развития личности;

2) высвобождению человека из непосредственного процесса производства и замене его естественными производительными силами природы [4].

А.Н. Макаревич, исследуя категорию «гуманизация экономического роста», приходит к выводу, что гуманизация экономических отношений в России является закономерным результатом усиления социальной направленности экономического развития, которая обусловливает подчинение целей хозяйствующих субъектов задачам достижения благосостояния и социальной стабильности.

Особого внимания заслуживает обоснованный автором дуализм процесса социализации предпринимательства: она осуществляется как через повышение социальной ответственности традиционных экономических субъектов, так и через формирование принципиально новых форм деятельности — социального предпринимательства [3].

А.В. Комарова рассматривает гуманизацию экономического развития как системный процесс, связанный с преобразованием всей экономической системы на основе «человеческих отношений». По мнению исследователя, гуманизация представляет собой сложный и противоречивый процесс формирования социально-экономической системы нового типа, субстанциональную основу которого составляет становление целостной человеческой жизнедеятельности.

Внутренний мотив этой жизнедеятельности образует слитность ценностного и рационального моментов, где ценностное выступает ядром гуманистического начала [1].

Принципиально важным является то обстоятельство, что все рассмотренные аспекты гуманизации в конечном счете фокусируются в продукте, его потребительских свойствах и способах его создания. Именно продукт выступает тем материальным носителем, который аккумулирует в себе как достижения научно-технического прогресса, так и гуманистические ориентиры производителей.

В связи с этим управление девелопментом продукта представляет собой конкретно-прикладную область, где гуманистическая направленность экономических процессов обретает практическое воплощение и требует целенаправленного управленческого обеспечения.

Управление девелопментом продукта можно представить как комплексный процесс, охватывающий полный жизненный цикл товара: от генерации концепции до оценки коммерческих результатов после вывода на рынок. Принципиальной особенностью современного понимания девелопмента является его концептуальное расширение за пределы исключительно технической стадии создания продукта.

Управление девелопментом продукта интегрирует усилия междисциплинарных команд, объединяющих специалистов по проектированию, маркетингу и стратегическому планированию, что позволяет одновременно решать вопросы о содержательных характеристиках продукта, обоснованности его появления, способах технологической реализации и оптимальных сроках коммерциализации.

Особого внимания заслуживает развитие гуманистического направления в управлении девелопментом продукта, которое способствует переходу от сугубо технологического и коммерческого взгляда на продукт к антропоцентричной модели.

Классическая парадигма управления девелопментом продукта, детально разработанная в трудах зарубежных исследователей, определяет продукт как комплексную категорию, выходящую за рамки простого товара.

Так, в основополагающей работе по маркетингу продукт трактуется как «все, что может быть предложено рынку для внимания, приобретения, использования или потребления и что способно удовлетворить нужду или потребность» [2].

Развивая это определение, зарубежные авторы акцентирует внимание на трех ключевых компонентах продукта:

1) стержневой продукт (core product), представляющий собой основную выгоду или решение проблемы потребителя;

2) осязаемый продукт (tangible product), включающий материальное воплощение, дизайн, упаковку;

3) расширенный продукт (augmented product), который охватывает дополнительные услуги, гарантии и послепродажное обслуживание [6]. Данная трехуровневая модель долгое время служила методологической основой для понимания потребительской ценности и выстраивания стратегий девелопмента.

Анализ современной практики управления девелопментом продукта выявляет ограниченность строго утилитарного подхода, ориентированного преимущественно на удовлетворение потребительских нужд и максимизацию коммерческой выгоды. Как справедливо отмечает Касувар Кука, «любой продукт, который не предоставляет необходимого решения проблемы потребителя, не является хорошим продуктом» [6].

Тем не менее, в условиях нарастающих экологических, социальных и этических вызовов данная дефиниция требует существенного расширения. Решение проблемы потребителя не может более достигаться ценой создания новых проблем для общества, окружающей среды или самого потребителя в долгосрочной перспективе.

Это концептуальное противоречие разрешается в рамках гуманистического вектора управления девелопментом продукта, который предлагает переосмыслить традиционные модели. Если классический подход отвечает на вопросы «что?», «как?» и «для кого?» создается продукт, то гуманистический вектор добавляет императивные вопросы «зачем?» и «во имя каких ценностей?». Продукт перестает быть исключительно инструментом извлечения прибыли и рассматривается как носитель антропоцентричных ценностей.

Применение гуманистического вектора к классической трехуровневой модели продукта позволяет наполнить ее новым содержанием. Стержневой продукт (core) обогащается не только функциональной выгодой, но и ценностным измерением: например, не просто утоление голода, а обеспечение здорового питания. Осязаемый продукт (tangible) должен проектироваться с учетом принципов универсального дизайна, доступного для людей с ограниченными возможностями, и использования экологичных, перерабатываемых материалов. Расширенный продукт (augmented) в гуманистической трактовке выходит за пределы гарантийного обслуживания и включает в себя такие аспекты, как прозрачность цепочки поставок, программа утилизации продукта по окончании срока службы и формирование у пользователя ответственных паттернов потребления.

Закономерным следствием такого понимания становится необходимость рассмотрения того, как гуманистические ориентиры интегрируются в процессную структуру управления продуктом.

Обращение к циклу управления продуктом позволяет проследить, на каких именно этапах закладываются и реализуются параметры, обеспечивающие соответствие продукта не только рыночным, но и гуманистическим критериям.

Стандартный цикл управления девелопментом продукта (рис.) выступает процессуальной основой, в которую необходимо встроить гуманистическую составляющую.

Охарактеризуем содержательные дополнения, которые вносит гуманистический вектор в каждый из этапов данного цикла.

Первый этап — сбор идей. Традиционный цикл начинается со сбора идей из внешних источников: прямые и косвенные запросы потребителей, обратная связь от партнеров и поставщиков, результаты экспериментов и мозговых штурмов. Основная цель на данном этапе — идентификация рыночных возможностей и определение направлений развития продукта.

Рисунок - Цикл управления девелопментом продукта в классической интерпретации

В рамках гуманистического подхода целесообразно дополнить анализ рыночных данных комплексным исследованием человеческих потребностей. Фокус смещается с вопроса «Что можно улучшить в продукте?» на вопрос «Какие фундаментальные человеческие ценности (например, безопасность, принадлежность, самореализация) остаются неудовлетворенными и как продукт может стать инструментом для их реализации?».

Второй этап — формирование концепции. На данном этапе формируется пресс-релиз будущего продукта и краткое концептуальное описание проекта разработки. Эти документы служат инструментом для формулирования видения продукта и его ключевых конкурентных преимуществ до начала разработки.

Гуманистический вектор меняет функцию пресс-релиза: из маркетингового документа он превращается в описание социальной ценности продукта. Характеристики продукта должны отвечать не только на вопрос «Какую задачу он решает?», но и раскрывать его значение для человека: как изменятся потребности пользователя, его самоощущение и качество взаимодействия с обществом после внедрения продукта.

Третий этап — приоритизация. В классической модели приоритизация осуществляется на различных временных горизонтах и основывается на бизнес-показателях, инвестиционной привлекательности и ресурсных ограничениях. Гуманистический подход вводит в модель приоритизации дополнительный критерий — «индекс социального благополучия». Каждая функция оценивается не только по экономической эффективности, но и по ее потенциальному влиянию на психологическое состояние пользователя, его социальные связи и уровень автономии. Приоритет получают те решения, которые снижают когнитивную нагрузку, даже если их коммерческий эффект носит долгосрочный характер.

Четвертый этап — моделирование сценариев. Происходит описание конкретных ситуаций использования продукта и предварительное ранжирование функциональных возможностей под эти сценарии.

В рамках гуманистической модели понятие «пользовательский сценарий» расширяется до «жизненного контекста». Вместо схематичного описания действий потребителя создаются карты эмпатии, фиксирующие эмоциональный фон, мотивационные противоречия и невербальные реакции человека в моменты взаимодействия с продуктом.

Пятый этап — формирование требований и проектирование. Создается документ с требованиями к продукту, основанный на приоритизированных пользовательских сценариях, разрабатываются макеты и спецификации внешнего вида.

С позиций гуманистического подхода на данном этапе вводятся обязательные требования инклюзивности и этичности проектных решений. Проектные решения проходят проверку на предмет отсутствия манипулятивных приемов, доступности для людей с ограниченными возможностями и соответствия принципам социальной ответственности.

Шестой этап — технологическое проектирование. Техническая команда разрабатывает схемы, выбирает технологии производства, проводит оценку трудозатрат и принимает ключевые технологические решения.

Интеграция гуманистического подхода требует, чтобы при проектировании применялся принцип «технологической антропологии». Техническое совершенство измеряется не только производительностью, но и гуманитарной безопасностью продукта.

Седьмой этап — разработка и тестирование. Этап включает непосредственно разработку, обеспечение технологической надежности, тестирование производительности и устранение выявленных недостатков. Гуманистический вектор дополняет функциональное тестирование качественным исследованием пользовательского опыта. Процесс обеспечения качества включает наблюдение за эмоциональными реакциями участников тестирования в реальном времени. Критерием качества становится не только отсутствие ошибок, но и возникновение у пользователя состояния вовлеченности, удовлетворенности и чувства контроля над процессом.

Восьмой этап — оценка результатов и развитие. Завершающий этап включает статистический анализ, оценку отзывов потребителей и принятие решения о дальнейшем развитии продукта.

Гуманистический подход выводит анализ эффективности за рамки количественных показателей. Внедряется практика долгосрочного качественного мониторинга влияния продукта на жизнь потребителей. Продукт признается успешным не только при достижении бизнес-целей, но и при подтверждении того, что он стал источником позитивных изменений в жизни человека, укрепил его доверие к технологиям и повысил общее качество его жизни.

Таким образом, гуманистический вектор не отрицает достижения классической теории управления девелопментом продукта, а надстраивает над ней ценностно-ориентированную задачу, позволяющую гармонизировать экономические цели бизнеса с запросами личности и долгосрочными интересами общества в целом.

Литература

1. Комарова, А.В. Гуманизация экономического развития как процесс становления его нового системного качества: автореферат дис. ... кандидата экономических наук: 08.00.01. — Ростов-на-Дону, 2006. - 34 с. — URL: https://viewer.rsl.ru/rsl01003279853 (дата обращения: 17.01.2026).
2. Котлер, Ф. Основы маркетинга / Филип Котлер; Перевод с англ. В.Б. Боброва; Общ. ред. и вступ. ст. [с. 5-42] Е.М. Пеньковой. - Москва: Прогресс, 1993. - 733 с.
3. Макаревич, А.Н. Социализация предпринимательских структур при перераспределении сфер ответственности в процессе трансформации субъектного взаимодействия: автореферат дис. ... доктора экономических наук: 08.00.05. — Санкт-Петербург, 2022. — 40 с. — URL: https://unecon.ru/sites/default/files/d23makaraevichan.pdf (дата обращения: 14.01.2026).
4. Малейченко, В.Н. Социально-экономические проблемы гуманизации общественного производства: автореферат дис. ... доктора экономических наук: 08.00.01. — Ростов-на-Дону, 2000. — 39 с. — URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000300168 (дата обращения: 14.01.2026).
5. Парамонова, Т.Н. Концепция социально-гуманистического маркетинга как необходимое условие функционирования компаний в эпоху глобальных рынков / Т.Н. Парамонова, И.А. Рамазанов // Практический маркетинг. - 2017. - № 6 (244). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-sotsialno-gumanisticheskogo-marketinga-kak-neobhodimoe-uslovie-funktsionirovaniya-kompaniy-v-epohu-globalnyh-rynkov (дата обращения: 20.01.2026).
6. Kasuwar Kuka M.G. Product Development and Management Strategies / Musa Gambo Kasuwar Kuka // IntechOpen. — 2018. — URL: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80345 (дата обращения: 17.01.2026).

Humanistic vector in product development management

Stojanovic D., Karamyan I.R.
Moscow Innovation University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article discusses the problem of integrating the humanistic vector into product development management. **Introduction:** the problem of the humanistic orientation of economic processes remains important at every stage of economic transformation. In modern conditions, it is specified in the task of rethinking product development management, which has traditionally focused on commercial efficiency, but today requires the integration of anthropocentric criteria. The purpose of the study is to theoretically substantiate the integration of the humanistic vector into product development management and the meaningful filling of the stages of the product life cycle with value-oriented criteria. **Materials and methods**: the research is based on the analysis of theoretical approaches to the humanization of economic relations. Methods of system and comparative analysis, theoretical modeling were used. **Research results**: the author's interpretation of the integration of the humanistic vector into the eight-stage product development management cycle is proposed, which includes: supplementing the collection of ideas with research on fundamental human values; transforming a press release into a description of social value; introducing the "social well-being index" criterion at the prioritization stage; expanding user scenarios to a "life context"; introducing mandatory inclusivity requirements and ethics of design decisions; application of the principle of "technological anthropology"; complement functional testing with qualitative user experience research; implement long-term monitoring of the product's impact on quality of life. **Discussion and conclusions**: it is proved that the humanistic vector does not negate the achievements of the classical theory of development management, but builds a value-oriented task over it, allowing it to harmonize the economic goals of business with the needs of the individual and the long-term interests of society. The proposed additions to the stages of the development management cycle create a methodological basis for the practical implementation of the anthropocentric model in the activities of modern companies.

Keywords: product development management, humanistic model, product lifecycle, anthropocentric approach, social value of the product, ethics of design decisions.

References

1. Komarova, A.V. Humanization of Economic Development as a Process of Formation of Its New Systemic Quality: Abstract of Candidate of Economic Sciences Dissertation: 08.00.01. — Rostov-on-Don, 2006. - 34 p. — URL: https://viewer.rsl.ru/rsl01003279853 (Accessed: 17.01.2026).
2. Kotler, F. Fundamentals of Marketing / Philip Kotler; Translated from English by V.B. Bobrov; General editorial staff and introduction [pp. 5-42] by E.M. Penkova. - Moscow: Progress, 1993. - 733 p.
3. Makarevich, A.N. Socialization of Entrepreneurial Structures with the Redistribution of Spheres of Responsibility in the Process of Transformation of Subject Interaction: Abstract of Candidate of Economic Sciences Dissertation. ... Doctor of Economics: 08.00.05. — Saint Petersburg, 2022. — 40 p. — URL: https://unecon.ru/sites/default/files/d23makaraevichan.pdf (date of access: 14.01.2026).
4. Maleichenko, V.N. Socio-economic problems of humanization of social production: abstract of dis. ... Doctor of Economics: 08.00.01. — Rostov-on-Don, 2000. — 39 p. — URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000300168 (date of access: 14.01.2026).
5. Paramonova, T.N. The concept of socio-humanistic marketing as a necessary condition for the functioning of companies in the era of global markets / T.N. Paramonova, I.A. Ramazanov // Practical Marketing. - 2017. - No. 6 (244). - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-sotsialno-gumanisticheskogo-marketinga-kak-neobhodimoe-uslovie-funktsionirovaniya-kompaniy-v-epohu-globalnyh-rynkov (accessed: 20.01.2026).
6. Kasuwar Kuka M.G. Product Development and Management Strategies / Musa Gambo Kasuwar Kuka // IntechOpen. - 2018. - URL: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80345 (accessed: 17.01.2026).

Методический подход к выявлению компонентов внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации

Карпоева Анна Андреевна
аспирант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, aakarpoeva@gmail.com

Статья посвящена обоснованию методического подхода к выявлению и количественной интерпретации компонентов внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации.
Актуальность темы определяется тем, что медицинская организация представляет собой сложную многоуровневую систему, в которой клинические, лабораторные, административные, технические и коммуникационные контуры различаются по характеру задач, степени регламентированности, уровню профессионального риска, допустимой автономии персонала и требованиям к управленческому воздействию.
Цель статьи состоит в формировании системы параметров, позволяющей перейти от обобщённого описания подразделений к сопоставимой оценке их управленческого профиля.
Методологическую основу составляют системный, процессный и ситуационный подходы, методы экспертной оценки, ранжирования, нормирования и статистической интерпретации результатов. Экспертная оценка параметров задач осуществлялась посредством опросов, проведённых через Ассоциацию «Общество гематологов, онкологов и трансплантологов».
Практическая значимость подхода состоит в возможности выявления управленческих дисбалансов и последующего выбора управленческих решений, соответствующих специфике структурных подразделений медицинской организации.
Ключевые слова: медицинская организация, структурное подразделение, внутренняя оценка, управленческие задачи, иерархичность, линейность процессов, демократичность управления, протоколируемость, экспертная оценка, менеджмент в здравоохранении.

Введение

В условиях усложнения организационных структур медицинских организаций и повышения требований к качеству и безопасности медицинской деятельности возрастает значимость инструментов, позволяющих оценивать не только итоговые показатели работы подразделений, но и управленческую природу выполняемых ими задач. Медицинская организация представляет собой многоуровневую систему, в которой клинические, диагностические, административные, технические, коммуникационные и обеспечивающие процессы различаются по степени регламентированности, уровню профессионального риска, требованиям к квалификации персонала и допустимой автономии исполнителей [1; 2; 3].

В управленческой практике медицинских организаций часто применяется единый набор критериев оценки подразделений. Такой подход удобен для контроля, однако не позволяет в полной мере учитывать различия между стационаром, поликлиникой, лабораторией, административным и вспомогательными блоками. В результате оценка может фиксировать итоговые показатели, но не объяснять, какие характеристики задач требуют усиления иерархии, повышения протоколируемости, развития горизонтального взаимодействия или расширения участия сотрудников в принятии решений [4; 5; 6].

Цель статьи заключается в обосновании методического подхода к выявлению компонентов внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации на основе анализа типов задач и их количественных управленческих характеристик. Для достижения цели выделяются основные типы задач, характерные для медицинской организации, сопоставляются параметры их выполнения, рассчитываются интегральные характеристики и определяется возможность использования полученных результатов для построения дифференцированной системы внутренней оценки с учётом ситуационного и процессного подходов к управлению [7; 8].

Научная значимость предлагаемого подхода состоит в переносе внутренней оценки с уровня общего описания организации на уровень структурного подразделения и выполняемых им задач. Это позволяет рассматривать оценку не только как контрольный инструмент, но и как аналитическую основу для выявления управленческих дисбалансов, выбора стиля руководства, настройки регламентов и повышения согласованности взаимодействия между подразделениями [7; 19; 20].

Методология исследования

Теоретико-методологическую основу исследования составляют системный, процессный и ситуационный подходы к управлению организацией. Системный подход позволяет рассматривать медицинскую организацию как совокупность взаимосвязанных подразделений, процессный подход — анализировать задачи с точки зрения последовательности действий, регламентов, участников и результатов, а ситуационный подход — учитывать зависимость управленческой модели от характера выполняемых задач, уровня ответственности и условий деятельности [4; 7; 8].

Эмпирическая часть исследования основана на экспертной оценке параметров задач. Опросы проводились через Ассоциацию «Общество гематологов, онкологов и трансплантологов», что позволило привлечь специалистов, знакомых со спецификой клинических, организационных, коммуникационных и обеспечивающих процессов в сфере здравоохранения. Использование экспертной оценки является обоснованным, поскольку такие характеристики, как требуемая иерархичность, допустимая автономия персонала, степень протоколируемости и управленческая значимость задач, не всегда могут быть корректно определены только на основе формальной отчётности [9; 10; 11].

В качестве базовых параметров анализа выделены: иерархичность управления, линейность процессов, демократичность управления, высота порога входа, степень протоколируемости, частота реализации и уровень важности. Иерархичность отражает потребность задачи в вертикальном контроле и распределении ответственности; линейность характеризует степень последовательности и повторяемости процесса; демократичность показывает возможность участия сотрудников в обсуждении и выборе способов выполнения задачи. Порог входа характеризует требования к квалификации и опыту исполнителя, протоколируемость

отражает степень регламентации действий, а частота реализации и важность показывают организационный вес задачи в деятельности медицинской организации [12; 13; 14].

Для перехода от качественного описания к сопоставимым результатам использована десятибалльная шкала оценки. Полученные экспертные значения агрегировались по типам задач и параметрам, после чего рассчитывались интегральные характеристики. Для проверки устойчивости результатов применялась статистическая интерпретация с учётом объёма выборки, доверительной вероятности и предельной ошибки. Это позволило определить, могут ли выявленные различия между типами задач использоваться как основа для управленческого анализа структурных подразделений медицинской организации [15; 16; 17; 18].

Типология задач медицинской организации как основа внутренней оценки

Первым этапом формирования системы внутренней оценки является выделение типов задач, выполняемых в медицинской организации. В рамках предлагаемого методического подхода рассматриваются управленческие, технические, коммуникационные, творческие, логистические, медицинские, экономические, педагогические, лингвистические, юридические, охранные и аварийно-спасательные задачи. Данная типология позволяет охватить как ядро медицинской деятельности, так и поддерживающие управленческие, информационные, сервисные и обеспечивающие контуры.

Качественное сопоставление задач показывает, что их управленческая природа неоднородна. Медицинские, юридические, охранные и аварийно-спасательные задачи требуют высокой иерархичности и линейности, поскольку связаны с ответственностью, рисками и необходимостью соблюдения регламентов. Коммуникационные, педагогические и творческие задачи, напротив, допускают более высокий уровень демократичности, так как их результат зависит от качества взаимодействия, самостоятельности исполнителей и способности адаптироваться к конкретному контексту. Управленческие, технические, экономические и логистические задачи занимают промежуточное положение, сочетая регламентированность с необходимостью координации и адаптации.

Качественное сопоставление показывает, что универсальная модель управления не способна одинаково точно описать все функциональные контуры медицинской организации. Для медицинских, юридических, охранных и аварийно-спасательных задач приоритетны подчинённость, контроль и соблюдение последовательности действий. Для коммуникационных, педагогических и творческих задач большее значение имеют согласование позиций, обратная связь и самостоятельность исполнителей. Следовательно, внутренняя оценка должна фиксировать не только факт выполнения задач, но и управленческие требования, порождаемые этими задачами [19; 20].

Количественная оценка управленческих параметров задач

Для перехода от качественного описания к аналитическому сопоставлению типы задач переводятся в количественные показатели по десятибалльной шкале. В таблице 1 объединены параметры, которые в исходной логике исследования описывали иерархичность, линейность, демократичность, высоту порога входа и степень протоколируемости. Такое объединение позволяет сократить повторяющиеся таблицы без потери содержательной основы анализа.

Таблица 1
Количественные параметры типов задач медицинской организации, шкала 1–10

Тип задачи	Иерархичность	Линейность	Демократичность	Порог входа	Протоколируемость
Управленческие	5,14	4,82	6,22	5,73	5,31
Технические	5,54	7,24	3,67	7,39	6,72
Юридические	9,22	8,73	2,31	7,64	9,41
Экономические	6,67	6,39	4,72	7,14	5,82
Логистические	7,31	6,64	5,41	4,54	6,24
Лингвистические	5,72	5,14	5,82	7,22	3,73
Педагогические	5,41	4,54	7,24	5,67	5,39
Коммуникационные	4,82	4,22	7,73	4,31	2,64
Медицинские	8,24	8,67	3,39	9,72	9,86
Творческие	2,73	2,31	8,64	5,41	1,54
Охранные	9,61	9,72	1,14	6,82	7,22
Аварийно-спасательные	9,64	9,41	1,46	9,24	8,67

Источник: составлено автором на основе результатов экспертного опроса сотрудников медицинской сферы деятельности.

Максимальная иерархичность характерна для охранных, аварийно-спасательных и юридических задач, где нарушение порядка действий может создавать критические последствия. Наиболее высокая линейность наблюдается у охранных, аварийно-спасательных, юридических и медицинских задач, поскольку они предполагают строгую последовательность действий и опору на протоколы.

Наиболее выраженная демократичность характерна для творческих, педагогических и коммуникационных задач, в которых результат зависит от вариативности решений, вовлечённости исполнителей и качества горизонтального взаимодействия. Высокий порог входа и высокая протоколируемость медицинских задач указывают на необходимость профессионального допуска, формального контроля и устойчивых регламентов. Коммуникационные и творческие задачи, напротив, требуют управленческой поддержки автономии и адаптивности [21; 22].

Частота реализации, значимость и связь задач со структурными подразделениями

Одной только оценки управленческих характеристик недостаточно для практического применения системы внутренней оценки. Необходимо учитывать, насколько часто конкретные задачи реализуются в медицинской организации и каков их вклад в устойчивость функционирования. Частота реализации показывает операционную нагрузку, а уровень важности отражает критичность задачи для достижения целей организации, поддержания качества процессов и обеспечения безопасности медицинской деятельности.

Таблица 2
Количественная оценка типов задач по частоте реализации и уровню важности, шкала 1–10

Тип задачи	Частота реализации (1–10)	Уровень важности (1–10)
Медицинские	8,64	9,59
Управленческие	8,14	8,82
Коммуникационные	5,54	9,24
Технические	7,22	7,73
Экономические	5,67	8,39
Логистические	4,31	5,64
Юридические	5,72	7,14
Педагогические	9,41	8,54
Охранные	9,82	9,78
Лингвистические	3,24	5,67
Творческие	6,73	9,31
Аварийно-спасательные	2,39	9,72

Источник: составлено автором на основе результатов экспертного опроса сотрудников медицинской сферы деятельности

Наиболее высокие значения частоты и важности имеют медицинские и управленческие задачи. Это объясняется тем, что медицинские задачи составляют ядро деятельности организации, а управленческие обеспечивают координацию ресурсов, персонала, качества и взаимодействия подразделений. Технические, экономические и логистические задачи также имеют высокую значимость, поскольку поддерживают непрерывность процессов. При этом творческие и педагогические задачи могут реализовываться менее часто, но сохраняют стратегическое значение для развития, обучения персонала и организационной адаптивности.

Для прикладного использования полученные типы задач должны быть соотнесены с реальными структурными подразделениями. В медицинской организации можно выделить стационар, поликлинику, лабораторию и административный блок. Каждый из них характеризуется собственной комбинацией доминирующих, значимых, вспомогательных или отсутствующих задач. Такое сопоставление позволяет перейти от общей типологии к оценке конкретного подразделения.

Таблица 3
Сопоставление типов задач с основными структурными подразделениями медицинской организации

Подразделение	Доминирующие задачи	Значимые задачи
Стационар	медицинские	управленческие, коммуникационные, технические, логистические
Поликлиника	медицинские, коммуникационные	управленческие, педагогические, технические
Лаборатория	технические, медицинско-диагностические	логистические, управленческие, охранные
Административный блок	управленческие, экономические, юридические	коммуникационные, творческие, лингвистические

Источник: составлено автором на основе сопоставления типов задач с функциональной структурой медицинской организации.

Стационар и поликлиника имеют выраженную медицинскую доминанту, но различаются по роли коммуникационных, управленческих и

логистических задач. Лаборатория характеризуется высокой значимостью технических и медицинско-диагностических процессов, а административный блок отличается доминированием управленческих, экономических и юридических задач.

Практическое значение такого сопоставления состоит в том, что руководитель получает возможность объяснить различия между подразделениями не субъективными особенностями сотрудников, а объективной структурой выполняемых задач. Высокая регламентированность лаборатории является следствием специфики диагностических процессов, тогда как избыточная регламентация коммуникационных или проектных задач может снижать вовлечённость персонала и качество взаимодействия.

Интегральная характеристика типов задач

Наиболее значимым результатом предлагаемого методического подхода является формирование интегральной характеристики типов задач. Она объединяет семь параметров: иерархичность, линейность, демократичность, высоту порога входа, протоколируемость, частоту реализации и уровень важности. Эмпирическая база исследования включала 2895 респондентов, 12 типов задач и 7 оцениваемых параметров. Такое объединение позволяет использовать тип задачи как элемент системы внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации.

Интегральная характеристика выполняет две функции. Во-первых, она фиксирует эмпирическую базу исследования и переводит экспертные наблюдения в сопоставимые числовые показатели. Во-вторых, она создаёт основу для дальнейшего моделирования управленческого профиля структурного подразделения. Если в подразделении преобладают медицинские, технические и логистические задачи, его профиль будет тяготеть к высокой линейности и протоколируемости. Если же в нём доминируют коммуникационные, педагогические и творческие задачи, значимость демократичности и автономии будет выше.

Полученные значения подтверждают сосуществование внутри медицинской организации нескольких управленческих режимов. Жёстко регламентированные задачи требуют контроля, формальных процедур и вертикального распределения ответственности. Смешанные задачи требуют баланса между контролем и адаптацией. Гибкие задачи требуют доверия, коммуникации и участия сотрудников в принятии решений. Именно поэтому внутренняя оценка подразделений должна строиться не на едином шаблоне, а на анализе структуры задач и управленческих требований [19; 20; 23].

Статистическая надёжность интегральных характеристик

Поскольку интегральные характеристики основаны на экспертных оценках и выборочных данных, их интерпретация требует проверки статистической надёжности. В исследовании используется объём выборки n = 2895, доверительная вероятность 95 % и коэффициент доверительной вероятности z = 1,96. Интегральные баллы нормируются путём деления на 10, после чего рассчитывается предельная ошибка выборки.

$$\Delta = z \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

где Δ - это предельная ошибка выборки; z - коэффициент доверительной вероятности; p - доля наблюдаемого признака; n - объём выборки. Доверительный интервал определяется как p ± Δ. При переводе результата в десятибалльную шкалу ошибка интерпретируется в баллах исходной шкалы.

Таблица 4

Исходные параметры для статистической обработки данных

Показатель	Значение
Объём выборки	2895
Уровень доверительной вероятности	95 %
Коэффициент доверительной вероятности (z)	1,96
Шкала оценки	1–10 баллов
Способ нормирования	p = интегральный балл / 10

Источник: составлено автором на основе результатов статистической обработки массива экспертных оценок

Результаты расчёта показывают, что предельная ошибка для всех типов задач остаётся низкой и находится в пределах, достаточных для управленческой интерпретации. Например, для управленческих задач интегральный балл составляет 6,49, а доверительный интервал 6,32–6,67. Для медицинских задач интегральный балл достигает 8,50, что подтверждает их особый профиль по сочетанию значимости, протоколируемости, порога входа и линейности.

Таблица 5

Интегральные характеристики типов задач и доверительные интервалы

Тип задач	Интегральный балл	Δ в баллах	95%-ный доверительный интервал
Управленческие	6,49	±0,17	6,32–6,67
Технические	6,79	±0,17	6,62–6,96
Юридические	7,44	±0,16	7,28–7,60
Экономические	6,53	±0,17	6,35–6,70
Логистические	6,31	±0,18	6,14–6,49
Лингвистические	5,37	±0,18	5,19–5,55
Педагогические	5,87	±0,18	5,69–6,05
Коммуникационные	5,95	±0,18	5,77–6,13
Медицинские	8,50	±0,13	8,37–8,63
Творческие	4,22	±0,18	4,04–4,40
Охранные	7,22	±0,16	7,06–7,38
Аварийно-спасательные	7,22	±0,16	7,06–7,38

Источник: составлено автором на основе статистических расчётов по результатам экспертного опроса.

Доверительные интервалы подтверждают устойчивость различий между группами задач. Задачи с высокой регламентацией, смешанные задачи и задачи с высокой гибкостью сохраняют различия даже с учётом возможной ошибки. Это важно для медицинской организации, где управленческие решения должны быть обоснованы не только качественными описаниями, но и числовыми индикаторами [16; 17; 18].

Место предлагаемого подхода среди существующих управленческих концепций

Предложенная система внутренней оценки не противопоставляется существующим подходам менеджмента, а дополняет их прикладным инструментом для анализа структурных подразделений. Теория цветных организаций Ф. Лалу, ситуационное руководство П. Херси и К. Бланшара, процессный подход, сбалансированная система показателей, модели качества и методы проектного управления обладают высокой теоретической и практической ценностью, однако при прямом переносе в медицинскую организацию не всегда позволяют учитывать различия между задачами внутри одной организации [7; 12; 13; 19; 21].

Таблица 6

Сравнительная характеристика существующих подходов и элементов предлагаемой системы внутренней оценки

Подход	Ограничение	Элемент предлагаемого подхода
Теория цветных организаций Ф. Лалу	Описывает организационную модель в целом	Параметры применяются к конкретному подразделению и его задачам
Ситуационное руководство	Фокусируется на зрелости сотрудника	Анализ персонала дополняется структурой задач и степенью регламентации
Оценка эффективности подразделений	Чаще ориентирована на результативные показатели	Внутренняя оценка раскрывает управленческие требования и дисбалансы
Процессный подход	Описывает последовательность операций	Процессная характеристика дополняется иерархичностью, автономией и протоколируемостью

Источник: составлено автором.

Предлагаемый подход устраняет указанное ограничение за счёт переноса анализа с уровня организации в целом на уровень структурного подразделения и выполняемых задач. Это позволяет определить, какие управленческие параметры объективно требуются конкретному подразделению, и сопоставить их с фактической моделью управления.

Особое значение имеет связь подхода с человеческим фактором. Характер задач определяет требования к самостоятельности сотрудников, готовности принимать решения, устойчивости к нагрузке, способности работать по протоколам и участвовать в коммуникации. Поэтому внутренняя оценка может использоваться как основа для выбора стиля руководства, распределения ответственности, обучения персонала и проектирования межподразделенческого взаимодействия.

Практическое значение для медицинских организаций

Практическая применимость предложенного подхода заключается в возможности построения управленческого профиля структурного подразделения. Для этого руководитель определяет состав задач, выполняемых подразделением, сопоставляет их с количественными параметрами, рассчитывает интегральный профиль и интерпретирует его с учётом особенностей персонала. Такой алгоритм позволяет не сравнивать разные подразделения механически, а учи-

тывать, что эффективность стационара, лаборатории, административного блока и коммуникационного подразделения определяется разными управленческими условиями.

Применение подхода может быть полезно при разработке внутренних регламентов, оценке нагрузки подразделений, корректировке распределения полномочий, подготовке руководителей среднего звена и оценке рисков организационного взаимодействия. Например, если подразделение выполняет задачи с высокой протоколируемостью, но фактически управляется в чрезмерно демократичном режиме, возникает риск нарушения последовательности и качества процессов. Если же подразделение выполняет творческие или коммуникационные задачи, но функционирует в жёстко иерархичной модели, возможно снижение инициативности и качества обратной связи.

Для медицинских организаций особую ценность имеет возможность выявления управленческих дисбалансов до того, как они проявятся в снижении качества медицинских услуг или росте кадровой напряжённости. Интегральная характеристика задач позволяет обосновать, какие процессы нуждаются в формализации, какие в усилении контроля, а какие в расширении автономии сотрудников. Тем самым внутренняя оценка становится не только инструментом контроля, но и механизмом развития управленческой системы.

Предложенная методика также может использоваться при цифровизации внутренних процессов. Поскольку цифровые платформы часто требуют унификации данных, существует риск потери управленческой специфики подразделений. Включение параметров задач в цифровой контур внутренней оценки позволяет сохранить различия между функциональными блоками и использовать данные не только для отчётности, но и для принятия управленческих решений.

Заключение

Проведённое исследование показывает, что разработка системы внутренней оценки деятельности структурных подразделений медицинской организации должна начинаться с анализа компонентов, определяющих управленческую природу выполняемых задач. В качестве таких компонентов обоснованы иерархичность, линейность процессов, демократичность управления, высота порога входа, степень протоколируемости, частота реализации и уровень важности.

Представленные в статье таблицы и формула демонстрируют, что типы задач медицинской организации могут быть представлены в виде количественных профилей. Это создаёт основу для сопоставления подразделений, выявления управленческих дисбалансов и выбора адекватных управленческих моделей. Статистическая обработка подтверждает достаточную надёжность интегральных характеристик: предельная ошибка остаётся низкой, а доверительные интервалы позволяют интерпретировать различия между типами задач как устойчивые.

Научная новизна подхода заключается в том, что внутренняя оценка переносится с уровня общего описания организации на уровень структурного подразделения и его задач. Такой переход позволяет учитывать неоднородность медицинской организации и формировать дифференцированные управленческие решения. Практическая значимость результатов состоит в возможности применения методики для диагностики подразделений, настройки регламентов, выбора стиля руководства, повышения согласованности взаимодействия и развития управленческой устойчивости медицинской организации.

Литература

1. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [Электронный ресурс].
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 № 1640 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Развитие здравоохранения”» [Электронный ресурс].
3. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31.07.2020 № 785н «Об утверждении Требований к организации и проведению внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности» [Электронный ресурс].
4. Виссема Х. Менеджмент в подразделениях фирмы. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 288 с.
5. Друкер П. Ф. Эффективный руководитель. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 240 с.
6. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. – СПб.: Питер, 2011. – 512 с.
7. Лалу Ф. Открывая организации будущего. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2022. – 432 с.
8. Титов В. Н. Теория и история менеджмента. – М.: Юрайт, 2023. – 487 с.
9. Cronbach L. J. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests // Psychometrika. – 1951. – № 3. – P. 297–334.
10. Nunnally J. C., Bernstein I. H. Psychometric Theory. – 3rd ed. – New York: McGraw-Hill, 1994. – 752 P.
11. Keeney R. L., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. – Cambridge: Cambridge University Press, 1993. – 569 P.
12. Hair J. F. et al. Multivariate Data Analysis. – 8th ed. – Andover: Cengage, 2019. – 832 P.
13. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 P.
14. Likert R. A Technique for the Measurement of Attitudes // Archives of Psychology. – 1932. – № 140. – P. 1–55.
15. Yin R. K. Case Study Research and Applications: Design and Methods. – 6th ed. – Thousand Oaks, CA: Sage, 2018. – 352 P.
16. Rossi P. H., Lipsey M. W., Freeman H. E. Evaluation: A Systematic Approach. – 7th ed. – Thousand Oaks, CA: Sage, 2004. – 480 P.
17. Tabachnick B. G., Fidell L. S. Using Multivariate Statistics. – 7th ed. – Boston: Pearson, 2019. – 832 P.
18. Field A. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. – 5th ed. – London: Sage, 2018. – 1104 P.
19. Kaplan R. S., Norton D. P. Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes. – Boston: Harvard Business School Press, 2004. – 454 P.
20. EFQM. The EFQM Model. – Brussels: EFQM, 2020. – 42 p.
21. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. – Geneva: ISO, 2015.
22. ISO 7101:2023. Healthcare organization management — Management systems for quality in healthcare organizations — Requirements. – Geneva: ISO, 2023.
23. Patton M. Q. Utilization-Focused Evaluation. – 4th ed. – Thousand Oaks, CA: Sage, 2008. – 688 P.

Methodological approach to identifying components of internal assessment of medical organization structural units

Karpoeva A.A.

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the substantiation of a methodological approach to identifying and quantitatively interpreting the components of the internal assessment of the activities of structural units of a medical organization.

The relevance of the topic is determined by the fact that a medical organization is a complex multilevel system in which clinical, laboratory, administrative, technical, and communication domains differ in the nature of their tasks, the degree of regulation, the level of professional risk, the permissible autonomy of personnel, and the requirements for managerial influence.

The purpose of the article is to develop a system of parameters that makes it possible to move from a generalized description of structural units to a comparable assessment of their managerial profile.

The methodological basis includes systems, process, and situational approaches, as well as methods of expert assessment, ranking, normalization, and statistical interpretation of results. Expert assessment of task parameters was carried out through surveys conducted via the Association “Society of Hematologists, Oncologists and Transplantologists.”

The practical significance of the approach lies in the possibility of identifying managerial imbalances and subsequently selecting managerial decisions that correspond to the specific characteristics of the structural units of a medical organization.

Keywords: medical organization, structural unit, internal assessment, managerial tasks, hierarchy, process linearity, democratic management, protocolization, expert assessment, healthcare management.

References

1. [Federal Law of November 21, 2011 No. 323-FZ 'On the Basis of Health Protection of Citizens in the Russian Federation'] [Elektronnyj resurs] (In Russian).
2. [Resolution of the Government of the Russian Federation of December 26, 2017 No. 1640 'On Approval of the State Program of the Russian Federation «Development of Healthcare»'] [Elektronnyj resurs] (In Russian).
3. [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of July 31, 2020 No. 785н 'On Approval of Requirements for Organization and Implementation of Internal Control of Quality and Safety of Medical Activity'] [Elektronnyj resurs] (In Russian).
4. Vissema Kh. [Management in Company Divisions] . – M.: INFRA-M, 1996. – 288 s (In Russian).
5. Druker P. F. [The Effective Manager] . – M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2017. – 240 s (In Russian).
6. Mintsberg G. [Structure in a Fist: Creating an Effective Organization] . – SPb.: Piter, 2011. – 512 s (In Russian).
7. Lalu F. [Unlocking Organizations of the Future] . – M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2022. – 432 s (In Russian).
8. Titov V. N. [Theory and History of Management] . – M.: Yurajt, 2023. – 487 s (In Russian).
9. Cronbach L. J. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests // Psychometrika. – 1951. – № 3. – P. 297–334.
10. Nunnally J. C., Bernstein I. H. Psychometric Theory. – 3rd ed. – New York: McGraw-Hill, 1994. – 752 P.
11. Keeney R. L., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. – Cambridge: Cambridge University Press, 1993. – 569 P.
12. Hair J. F. et al. Multivariate Data Analysis. – 8th ed. – Andover: Cengage, 2019. – 832 P.

JTBD как инструмент стратегического управления продуктом в инновационных компаниях

Кирсанов Дмитрий Вадимович
аспирант, Московский университет имени А.С. Грибоедова,
dmsk703@gmail.com

В статье рассмотрена эволюция подхода Jobs To Be Done (JTBD) от маркетинговой концепции до инструмента стратегического управления продуктом. Объектом выступает процесс стратегического управления продуктом, предметом – подход JTBD как механизм снижения неопределённости при создании инноваций. В статье предлагается применение подхода JTBD в качестве инструмента стратегического управления продуктом в инновационных компаниях. Обосновывается, что JTBD позволяет перейти от тактического улучшения характеристик к формированию долгосрочного видения на основе «прогресса» клиента. Теоретическая значимость заключается в синтезе JTBD с концепциями Lean Startup и Agile. Практическая значимость подтверждается предложенной матрицей выбора стратегий инноваций на основе JTBD-сегментации рынка.

Ключевые слова: стратегическое управление продуктом, инновации, продукт-менеджмент, потребительская ценность, сегментация рынка, теория прогресса, разработка продукта, клиентоцентричность.

Введение

Современный этап развития экономики характеризуется высокой неопределённостью и сокращением жизненного цикла продуктов, что особенно остро проявляется в инновационных компаниях. Согласно исследованиям, до 70% новых продуктов терпят неудачу на рынке, не достигая поставленных финансовых целей [2; 12]. Традиционные подходы к управлению продуктом, ориентированные на улучшение характеристик существующих решений или подражание конкурентам, зачастую оказываются несостоятельными в условиях подрывных изменений [9]. В связи с этим возрастает потребность в подходах, позволяющих снижать рыночную неопределённость и выстраивать долгосрочную стратегию на основе глубинного понимания поведения потребителей. Одним из таких подходов выступает Jobs To Be Done (JTBD), который смещает фокус внимания с характеристик продукта и демографических профилей на те «прогрессы», которых пытается достичь клиент в конкретных обстоятельствах [2; 10].

Несмотря на растущую популярность термина в профессиональной среде, анализ степени разработанности проблемы показывает наличие теоретического разрыва. Существующие работы [13] или практические руководства Калбаха [10], преимущественно рассматривают JTBD как тактический инструмент для улучшения пользовательского опыта или дизайна продукта. Вопросы же интеграции данного подхода в стратегический контур управления компанией, её связи с долгосрочным планированием и формированием инновационной стратегии остаются недостаточно изученными. Исследователи также начинают обращаться к данной теме, подчёркивая потенциал JTBD для высокотехнологичных секторов [1; 3; 6], однако комплексных теоретико-аналитических работ, объединяющих JTBD с концепциями бережливого стартапа и стратегического менеджмента, явно недостаточно.

Целью статьи является обоснование применения подхода Jobs To Be Done в качестве инструмента стратегического управления продуктом в инновационных компаниях.

Теоретические основы подхода JTBD и стратегического управления продуктом

Подход Jobs To Be Done прошел значительную эволюцию с момента своего зарождения в конце 1990-х – начале 2000-х годов. Изначально термин был сформулирован в рамках исследований подрывных инноваций и представлял собой образ, объясняющий, почему потребители «нанимают» те или иные продукты для выполнения своих задач.

Дальнейшее развитие конкретизировало JTBD, определив «работу» как стремление человека к прогрессу в конкретных обстоятельствах, что включает не только выполнение функции, но и улучшение эмоционального и социального состояния исполнителя «работы». В свою очередь, подход ODI фокусируется на измерении желаемых потребителем результатов, а не просто на описании выполняемых «работ» [13]. Это позволило перевести JTBD из разряда абстрактных концепций в плоскость количественного анализа. Таким образом, можно говорить о двух основных школах JTBD: «европейской», делающей упор на качественное понимание борьбы потребителя за прогресс, и «американской», ориентированной на формализацию и измерение результатов [10].

Независимо от школы, любая «работа» имеет сложную структуру и не сводится лишь к функциональному действию. В современной интерпретации принято выделять три ключевых измерения любой «работы»: функциональное, социальное и эмоциональное [2; 10]. Игнорирование социальных и эмоциональных аспектов ведёт к созданию функционально совершенных, но рыночно неуспешных продуктов, так как они не помогают потребителю достичь желаемого «прогресса» в полной мере. При этом важно различать «работы» и способы их выполнения. Именно стабильность «работ» делает их основой для долгосрочного стратегического планирования [11].

Для понимания различий между традиционным продуктовым подходом и подходом, базирующимся на JTBD, целесообразно представить их сравнительный анализ (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, принципиальное отличие заключается в векторе движения: от внутреннего совершенствования продукта к внешнему пониманию целей клиента. JTBD-подход утверждает, что потребители не покупают продукты как таковые, они «нанимают» их, чтобы изменить текущую ситуацию на желаемую [10].

Таблица 1
Сравнение традиционного продуктового подхода и подхода, основанного на JTBD

Критерий сравнения	Традиционный подход	Подход, основанный на JTBD
Цель	Улучшение характеристик существующего продукта	Создание ценности, помогающей клиенту достичь прогресса
Фокус внимания	Функции и атрибуты продукта	Контекст, обстоятельства и мотивы потребителя
Единица анализа	Потребитель	Ситуация, в которой оказывается потребитель
Источник инноваций	Анализ конкурентов и запросы текущих клиентов	Выявление неудовлетворенных или плохо выполняемых «работ»
Критерий успеха	Доля рынка, соответствие техническому заданию	Степень удовлетворённости выполнением «работы»

Составлено по материалам [2; 10; 11]

Для понимания роли JTBD необходимо уточнить, что в данной работе понимается под стратегическим управлением продуктом. В отличие от тактического менеджмента, который сосредоточен на выполнении дорожной карты и операционной деятельности по выпуску релизов, стратегическое управление продуктом направлено на формирование долгосрочного видения и поиск устойчивых источников конкурентных преимуществ [9]. В инновационных компаниях, действующих в условиях высокой неопределённости, стратегия не может быть детерминированной и опираться только на прошлый опыт. Она должна представлять собой последовательный набор гипотез о том, какую ценность продукт создаёт для потребителя и как эта ценность будет трансформироваться с течением времени.

Здесь ключевой проблемой становится неопределённость: разработчики не знают заранее, какое именно решение окажется востребованным. Подход JTBD предлагает иной подход – стабильность потребительских «работ» позволяет сформировать долгосрочный вектор развития, не привязываясь к текущим технологическим решениям. Компания, понимающая, какую именно «работу» стремятся выполнить её клиенты, может последовательно замещать устаревшие технологии новыми, оставаясь востребованной на рынке на протяжении десятилетий. Это превращает JTBD из маркетингового инструмента в фундамент стратегического планирования, так как позволяет ответить на вопрос не «какой продукт мы будем делать через пять лет?», а «какую эволюцию прогресса нашего клиента мы обеспечим?» [4; 11].

Интеграция JTBD в стратегический контур инновационной компании

Инновационная деятельность по своей природе сопряжена с высокой степенью неопределённости, которую в работе [9] классифицируют как отсутствие достоверных знаний о том, кто является клиентом, какие проблемы требуют решения и какие характеристики продукта окажутся значимыми. Традиционные подходы к стратегическому планированию, основанные на экстраполяции прошлых данных и детальных долгосрочных прогнозах, демонстрируют низкую эффективность в условиях, когда будущее радикально отличается от прошлого. В этой ситуации подход JTBD выполняет функцию когнитивного фильтра, позволяющего снизить неопределённость за счёт переключения внимания с вариативных технологических решений на стабильные потребительские цели.

Ключевое преимущество JTBD заключается в том, что «работы» клиентов обладают значительно большей устойчивостью во времени, чем продукты или технологии. Потребность в перемещении из точки А в точку Б существовала всегда, менялись лишь способы её выполнения [2]. Компания, которая определяет свою миссию через «работу», а не через продукт, получает стратегический ориентир, не зависящий от технологических циклов. Это позволяет снизить неопределённость при принятии долгосрочных инвестиционных решений: ресурсы направляются не на совершенствование конкретного артефакта, а на поиск все более совершенных способов выполнения стабильной «работы».

Интеграция JTBD в стратегический контур требует пересмотра классической последовательности стратегического планирования. В традиционной модели процесс часто выстраивается линейно: анализ рынка – определение целевой аудитории – разработка стратегии – создание продукта. JTBD-подход предлагает иную логику, где отправной точкой выступает идентификация «работы», на которую компания планирует предлагать свои решения [10].

Процесс стратегического планирования на основе JTBD может быть представлен как последовательность следующих этапов. Первый этап – идентификация и формулирование «работы». Второй этап – сегментация рынка по «работам» [13]. Третий этап – определение неудовлетворенных аспектов «работы». Четвёртый этап – формирование стратегического видения. Пятый этап – разработка дорожной карты продукта, где каждый функциональный элемент привязан не к техническим вехам, а к улучшению выполнения конкретных аспектов «работы». Такая последовательность обеспечивает стратегическую согласованность: все решения на уровне продукта проверяются на соответствие главной цели – прогрессу клиента.

Связь JTBD с Lean Startup раскрывается через категорию гипотезы. В парадигме Lean Startup любой новый продукт или функция рассматривается как эксперимент, призванный проверить бизнес-гипотезы [9]. JTBD позволяет формулировать эти гипотезы более точно: не просто «пользователям нужна функция X», а «предполагаем, что функция X поможет пользователю выполнить Y аспект его работы лучше, чем текущее решение». Цикл «Build-Measure-Learn» наполняется конкретным содержанием: мы строим минимально жизнеспособный продукт, измеряем, насколько улучшилось выполнение «работы», и учимся тому, какие аспекты «работы» остаются неудовлетворенными [11].

Интеграция с Agile-подходом происходит на уровне формирования бэклога продукта и приоритизации задач. В классическом Agile приоритет часто определяется бизнес-ценностью или сложностью реализации, что может приводить к размыванию стратегического фокуса. Использование JTBD позволяет ранжировать задачи исходя из их вклада в выполнение ключевых «работ» клиента. Задачи, непосредственно улучшающие выполнение наиболее важных и наименее удовлетворённых аспектов «работы», получают наивысший приоритет независимо от их технической сложности [10].

Практические аспекты применения JTBD для разработки стратегии продукта

Практическое применение подхода JTBD в стратегическом управлении начинается с этапа выявления и валидации «работ», которые стремятся выполнить клиенты. Качество этого этапа критически влияет на все последующие стратегические решения, поскольку ошибочная идентификация «работы» ведёт к разработке продукта, решающего несуществующую проблему. Основным инструментом выявления «работ» выступают качественные исследования, среди которых ключевое место занимают глубинные интервью, ориентированные на ретроспективу покупки или использования [7].

Специфика JTBD-интервью заключается в том, что исследователь фокусируется не на мнениях и предпочтениях респондента, а на конкретных обстоятельствах, в которых происходил выбор или использование продукта. Понятие «ретроспективы покупки» предполагает восстановление хронологии событий, приведших к приобретению продукта: что побудило к поиску решения, какие альтернативы рассматривались, что стало триггером финального выбора, как происходило использование и какие трудности возникали [5].

Альтернативным подходом выступает ODI, предлагающий более структурированный сбор данных о желаемых результатах. В рамках ODI интервью направлены на выявление измеримых критериев успешности выполнения «работы», которые впоследствии могут быть использованы для количественной оценки удовлетворённости потребителей [13]. На практике наиболее эффективным представляется комбинированный подход: на первом этапе проводятся открытые глубинные интервью в традициях школы прогресса для выявления контекста и мотивов, а на втором – формализация выявленных аспектов в виде утверждений о желаемых результатах для последующего количественного замера. Анализ собранных данных осуществляется методом открытого кодирования, когда из транскриптов интервью выделяются повторяющиеся паттерны, формулировки «работ» и связанные с ними критерии успеха [11]. Обстоятельства, а не характеристики потребителя, определяют, какой продукт будет «нанят» [2].

Практическая реализация JTBD-сегментации предполагает группировку респондентов на основе выявленных в ходе исследований «работ» и обстоятельств их возникновения. Для этого могут использоваться методы кластерного анализа, где переменными выступают не социально-демографические характеристики, а значимость различных аспектов «работы» и контекстуальные факторы [13]. Результатом такой кластеризации становится карта рынка, где сегменты представляют собой не группы людей, а группы ситуаций или типов «работ». Это позволяет компании выбирать, на выполнение каких именно «работ» она будет ориентировать свою стратегию, и формировать продуктовые предложения, оптимально соответствующие требованиям конкретного контекста.

Для перехода от разрозненных данных о «работах» к системному пониманию процесса их выполнения используется инструмент карты «работ» клиента. Особую ценность карта «работ» приобретает при анализе не просто отдельных этапов, а переходов между ними и возникающих при этом трудностей. Часто инновационный потенциал скрыт не в самом

выполнении действия, а в сложностях перехода от одного этапа к другому или в необходимости одновременного выполнения нескольких «работ». Компании, которые помогают клиентам преодолевать эти интеграционные барьеры, создают продукты, воспринимаемые как более ценные, даже если каждый отдельный этап выполняется не лучше конкурентов.

Интеграция результатов JTBD-анализа в процесс принятия стратегических решений требует инструмента, позволяющего связывать типы выявленных «работ» и степени удовлетворённости спроса с конкретными стратегическими альтернативами. В рамках данного исследования предлагается матрица стратегических решений на основе JTBD-анализа, систематизирующая возможные направления инновационного развития компании (табл. 2).

Таблица 2

Матрица стратегических решений на основе JTBD-анализа

Тип «работы»	Хорошо выполняемая «работа»	Плохо выполняемая «работа»	Новая «работа»
Функциональная «работа»	Стратегия улучшения эффективности: снижение цены, оптимизация существующего решения	Стратегия прорывного улучшения: создание решения, радикально лучше выполняющего функцию	Стратегия технологического лидерства: создание нового рынка на основе новой технологии
Эмоциональная «работа»	Стратегия дифференциации через опыт	Стратегия эмпатичного дизайна: продукт, повышающий уверенность	Стратегия новой эмоциональной ценности
Социальная «работа»	Стратегия укрепления сообщества: поддержка статуса, идентичности через продукт	Стратегия социального освобождения: решение для снижения социального давления	Стратегия новой социальной роли: продукт для социального статуса

Составлено по материалам [2; 8; 10]

Применение данной матрицы в стратегическом планировании осуществляется следующим образом. На первом шаге компания определяет, к какому типу преимущественно относится «работа», на которую она ориентируется, и какова текущая степень удовлетворённости спроса существующими решениями. На втором шаге на пересечении этих параметров выбирается базовая стратегическая альтернатива. Например, если выявлена функциональная «работа», которая на текущем рынке выполняется плохо, компания может выбрать стратегию прорывного улучшения и создать подрывное решение, радикально превосходящее конкурентов по ключевым функциональным параметрам.

Заключение

Установлено, что JTBD эволюционировала от маркетинговой метафоры, объясняющей потребительский выбор, до полноценной теоретической платформы, интегрирующей функциональные, эмоциональные и социальные аспекты потребительского «прогресса». Обосновано, что ключевая стратегическая ценность JTBD заключается в возможности снижения рыночной неопределённости за счёт переключения фокуса с изменчивых технологических решений на стабильные во времени потребительские «работы». Систематизированы практические инструменты применения JTBD, включая методы глубинных интервью, кластеризацию рынка по «работам», построение карт «работ» клиента, а также предложена авторская матрица стратегических решений, связывающая типы «работ» с направлениями инновационного развития.

Обобщая результаты исследования, можно утверждать, что подход JTBD представляет собой не просто набор техник для улучшения пользовательского опыта, а подход к стратегическому управлению, ориентирующий компанию на долгосрочное сопровождение прогресса клиента. При этом следует признать наличие ограничений данного подхода: сложность выявления истинных, а не декларируемых «работ», трудоёмкость качественных исследований, а также различия в применимости подходов на потребительских и корпоративных рынках.

Литература

1. Васильева, Е. В. Методологии проектирования стратегии бизнеса: от дизайна продукта к проектированию платформ / Е. В. Васильева // Управление. – 2021. – Т. 9, № 2. – С. 76–89.
2. Мошкович, Б. Е. Пути внедрения инноваций в современном мире / Б. Е. Мошкович // Устойчивое развитие: исследования, инновации, трансформация: Материалы XVIII Международного конгресса с элементами научной школы для молодых учёных. В 2-х томах, Москва, 08–09 апреля 2022 года / Отв. редакторы выпуска: А. В. Семёнов, П. Н. Кравченко. – Москва: Московский университет им. С. Ю. Витте, 2022. – Т. 1. – С. 1201–1218.
3. Литвин, А. Ю. Стратегический менеджмент в эпоху цифровизации: новые подходы и инструменты / А. Ю. Литвин // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 1–15.
4. Микрюков, В. О. Применение подхода Jobs To Be Done в стратегическом маркетинге / В. О. Микрюков, М. М. Восканян, С. Э. Галаванова // IN SITU. – 2022. – № 12. – С. 116–118.
5. Петров, А. Н. Стратегический менеджмент: в поисках новой парадигмы / А. Н. Петров. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 345 с.
6. Соловьева, Ю. Н. Использование подхода Jobs to Be Done для позиционирования на формирующемся рынке: кейс рынка модульных домов / Ю. Н. Соловьева, В. О. Львова // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 91–103.
7. Тарасова, А. Ю. Конфигурационная гибкость стратегических ориентаций компании: практическое исследование влияния компонентов на параметры результативности компании / А. Ю. Тарасова // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2025. – Т. 16, № 4. – С. 389–394.
8. Трегубов, В. Р. Современные подходы к маркетинговым исследованиям в экосистемах / В. Р. Трегубов, М. В. Уманская // Beneficium. – 2025. – № 2 (55). – С. 55–68.
9. Головин, Т. Ю. Взгляд акторно-сетевой теории на предпринимательскую возможность / Т. Ю. Головин // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 239–256.
10. Kalbach, J. Jobs-to-be-done at scale: Disrupting the status quo with customer focus / J. Kalbach, Y. Wermuth, S. Duda, F. Ciontu // Journal of Digital & Social Media Marketing. – 2024. – Vol. 12. – P. 262.
11. Ries, E. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses / E. Ries. – New York: Crown Business, 2011. – 320 p.
12. Rutkowski, I. Success and failure rates of new food and non-food products introduced on the market / I. Rutkowski // Journal of Marketing and Consumer Behaviour in Emerging Markets. – 2022. – Vol. 2022. – P. 52–61.
13. Ulwick, A. W. Jobs to Be Done: Theory to Practice / A. W. Ulwick. – Cambridge : Idea Bite Press, 2016. – 202 p.

JTBD methodology as a tool for strategic product management in innovative companies

Kirsanov D.V.

A.S. Griboedov Institute of International Law and Economics, Moscow, the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the evolution of the Jobs To Be Done (JTBD) approach from a marketing concept to a strategic product management tool. The object of the study is the process of strategic product management, while the subject is the JTBD approach as a mechanism for reducing uncertainty in innovation development. The article proposes the application of JTBD as a strategic product management tool in innovative companies. It is substantiated that JTBD enables a shift from tactical improvement of product characteristics to the formation of a long-term vision based on customer "progress." The theoretical significance lies in the synthesis of JTBD with the Lean Startup and Agile concepts. The practical significance is supported by a proposed matrix for selecting innovation strategies based on JTBD-driven market segmentation.

Keywords: strategic product management, innovation, product management, customer value, market segmentation, theory of progress, product development, customer-centricity.

References

1. Vasilyeva, E. V. Business strategy design methodologies: from product design to platform design / E. V. Vasilyeva // Management. 2021. Vol. 9, No. 2. pp. 76-89.
2. Moshkovich, B. E. Ways of introducing innovations in the modern world / B. E. Moshkovich // Sustainable development: research, innovation, transformation: Proceedings of the XVIII International Congress with elements of a scientific school for young scientists. In 2 volumes, Moscow, April 08-09, 2022 / Editors of the issue: A.V. Semenov, P. N. Kravchenko. – Moscow: Witte Moscow University, 2022. – Vol. 1. – pp. 1201-1218.
3. Litvin, A. Y. Strategic management in the era of digitalization: new approaches and tools / A. Y. Litvin // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17, No. 1. – pp. 1-15.
4. Mikryukov, V. O. Application of the Jobs To Be Done approach in strategic marketing / V. O. Mikryukov, M. M. Voskanyan, S. E. Galavanova // IN SITU. – 2022. – No. 12. – pp. 116-118.
5. Petrov, A. N. Strategic management: in search of a new paradigm / A. N. Petrov. St. Petersburg : Publishing House of St. Petersburg State University of Economics, 2022. 345 p.
6. Solovyova, Yu. N. Using the Jobs to Be Done approach for positioning in an emerging market: a case study of the modular home market / Yu. N. Solovyova, V. O. Lvova // Corporate governance and innovative development of the economy of the North: Bulletin of the Scientific Research Center for Corporate Law, Management and Venture Investment Syktyvkar State University. – 2024. – Vol. 4, No. 1. – pp. 91-103.
7. Tarasova, A. Y. Configuration flexibility of the company's strategic orientations: a practical study of the influence of components on the company's performance parameters / A. Y. Tarasova // Strategic decisions and risk management. - 2025. – Vol. 16, No. 4. – pp. 389-394.
8. Tregubov, V. R. Modern approaches to marketing research in ecosystems / V. R. Tregubov, M. V. Umanskaya // Beneficium. – 2025. – № 2 (55). – Pp. 55-68.
9. Golovin, T. Y. The view of actor-network theory on entrepreneurial opportunity / T. Y. Golovin // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2024. – Vol. 14, No. 2. – pp. 239-256.
10. Kalbach, J. Jobs-to-be-done at scale: Disrupting the status quo with customer focus / J. Kalbach, Y. Wermuth, S. Duda, F. Ciontu // Journal of Digital & Social Media Marketing. – 2024. – Vol. 12. – P. 262.

Развитие креативности в высокотехнологичных компаниях

Клюева Виктория Андреевна
Ведущий инженер, ООО «РХИ», klyuevavictoria7@gmail.com,

Лисицына Галина Владимировна
Старший преподаватель, кафедра «Менеджмент, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент», МГТУ им. Н.Э. Баумана, gala.2016@gmail.com

Статья посвящена проблеме управления креативностью в высокотехнологичных компаниях как ключевому фактору устойчивости и конкурентоспособности в условиях динамичной среды, насыщенной подрывными технологиями. Авторами обосновывается тезис о том, что креативность, вопреки распространенному мнению о её спонтанном характере, является управляемым когнитивным процессом, который может быть системно интегрирован в корпоративную культуру и операционную деятельность. В качестве теоретической рамки предлагается модель «Вход – Обработка – Выход», позволяющая формализовать инновационный процесс. В работе детально анализируются факторы, влияющие на каждый этап: обогащение «когнитивного резервуара» сотрудников (междисциплинарные знания, отраслевые мероприятия, системы управления знаниями), создание условий для дивергентного мышления и глубокой когнитивной обработки, а также социально-психологические механизмы внедрения идей.
Статья адресована менеджерам, специалистам по организационному развитию и исследователям, интересующимся системным подходом к управлению креативностью.
Ключевые слова: креативность, инновационная инфраструктура, динамическая среда, корпоративная культура, инновации, менеджмент инноваций.

Введение

В условиях постоянно транформирующейся динамической среды ключевым фактором жизнеспособности бизнеса является способность к адаптации и управлению изменениями [1, с. 9-12]. Это касается как обновления выпускаемых продуктов и услуг, так и применение инновационных стратегий, поиск новых идей и методологий, постоянное совершенствование бизнес-процессов, в том числе внедрение новых технологий, таких как цифровизация и искусственный интеллект. По мнению Питера Тиля ("Zero to One") наиболее эффективные компании избегают конкуренции (копирование существующих решений и демпингование цен), внедряя инновационные решения и создавая уникальные продукты или услуги, которые обеспечивают монопольные преимущества и сверхприбыли.

Ряд исследователей показывает, что залогом устойчивой и конкурентоспособной экономики будущего являются подрывные технологии (от англ. disruptive — «подрывная», «разрушительная») [2, с. 138-143], которые определяется как «технология, которая меняет основу конкуренции, изменяя ключевые показатели эффективности, по которым конкурируют компании. Подрывные технологии меняют основы конкуренции, кардинально изменяя поведение потребителей, отрасли или бизнеса, а также разрушают существующие рынки или создают новые. Совокупная рыночная капитализация компаний, построенных на подрывных технологиях, превышает $14 трлн, а глобальные инвестиции в стартапы в 2023 году составили $285 млрд (по данным Crunchbase).

При этом организации сталкиваются с огромным давлением и проблемами, связанными с быстрым развитием подрывных технологий. Подрывные технологии требуют иного набора ресурсов по сравнению с уже используемыми, а также интеграции новых технологий и бизнес-моделей. Это может потребовать переосмысления традиционных методов ведения бизнеса или разработки и внедрения совершенно новых процессов, процедур, продуктов и услуг. Как итог, от специалистов и менеджмента компаний ожидается креативный подход для внедрения инновационных идей разработки в текущую деятельность сотрудников на разных уровнях.

Креативность – это способность мышления генерировать новые идеи, оригинальные концепции, выходить за пределы существующих стандартов и правил, находить нестандартные подходы к решению задач. Креативность представляет собой первый шаг на пути к инновациям, служа основой для разработки новых продуктовых решений. Креативность особенно важна для малых и средних предприятий (МСП), которые часто сталкиваются с нехваткой ресурсов, поскольку она позволяет им создавать уникальные продукты, выделяющиеся на рынке. Исследования, посвященные малым и средним предприятиям (МСП), продемонстрировали, что креативность и практики открытых инноваций критически важны для их способности к продуктовым инновациям [3, с. 1649-1660].

В инновационных компаниях креативность — это не просто полезный навык, а ключевой драйвер выживания и роста. Инновации рождаются из нестандартных идей, а креативные команды быстрее находят прорывные решения, опережая конкурентов. Креативность позволяет переосмысливать проблемы, находить неочевидные пути, видеть связи между, казалось бы, несвязанными областями. Более того, творческая среда мотивирует сотрудников, люди стремятся работать там, где их ценят.

При этом креативность, вопреки распространенному представлению, не является исключительно спонтанным и неуправляемым процессом. Нейробиологические исследования выявили конкретные паттерны активности мозга (например, взаимодействие сетей пассивного режима работы мозга и центральной исполнительной сети мозга), ассоциирующиеся с состоянием "инсайта" и генерацией новых идей. Это позволяет рассматривать креативность как когнитивную функцию, на которую можно целенаправленно влиять. Данный научный фундамент находит практическое применение в таких методах, как Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), которая предлагает алгоритмизированный подход к преодолению психологической инерции и системному созданию инновационных решений с эффективным преодолением традиционных "мук творчества".

На основе этих знаний становится возможным проектирование организационных сред и корпоративных культур, где нестандартное мышление и генерация инноваций являются не периферийным продуктом, а центральным элементом бизнес-модели и драйвером операционной дея-

тельности и стратегического развития [4, с. 157-183]. Такие среды системно поощряют интеллектуальный риск и открытый обмен знаниями, когнитивное разнообразие и кросс-функциональную коллаборацию, превращая инновации из исключения в рутину.

Историческая ретроспектива подтверждает эффективность данного подхода. Целенаправленно созданные креативные среды и сообщества, инициированные лидерами-визионерами при поддержке просвещенных покровителей, не просто производили отдельные инновации, а фундаментально трансформировали культурные и технологические парадигмы своей эпохи: - Платоновская академия в Кареджи (XV в.), учрежденная под патронажем семьи Медичи и руководством Марсилио Фичино, является архетипом идельного инновационного кластера. Объединив ведущих интеллектуалов своего времени, Академия стала эпицентром гуманистической мысли и заложила философские основы Ренессанса.

- Баухаус, основанный Вальтером Гропиусом, был не просто учебным заведением, а социально-культурным проектом, "лабораторией модернизма". Его принцип синтеза искусства, ремесла и технологии в проектировании создал новую визуальную среду XX века и оказал определяющее влияние на современный дизайн и архитектуру.

- Кремниевая долина является иллюстративным примером такого подхода. Её экосистема, сформированная уникальной комбинацией университетской науки, венчурного финансирования, культуры открытого обмена идеями и высокой мобильности талантов, также была результатом целенаправленных усилий.

Цель статьи: рассмотреть механизмы формирования креативных идей и инноваций в компании и необходимые условия для создания корпоративной среды, способствующую творчеству и раскрытию потенциала сотрудников.

1.

2. **Особенности механизма формирования идей в организационной среде: нейробиологический и системный подходы**

Для формирования эффективной стратегии развития инновационного потенциала организации необходимо понимать фундаментальные механизмы генерации новых идей. Рассмотрение нейробиологических основ творчества через призму организационного аспекта позволяет выделить управляемые элементы и связи между ними, преобразуя абстрактное понятие «креативность» в практическую модель управления.

Когнитивная нейронаука предлагает рассматривать креативность не как производство мыслей ex nihilo (из ничего), а как процесс ассоциативного синтеза существующих знаний [5, с. 87-95] и рекомбинации существующих знаний и паттернов. Мозг функционирует как сложная сеть, представленной в виде узлов (нейронных ансамблей), кодирующих прошлый опыт и усвоенную информацию, а творческий акт заключается в установлении новых связей между ранее не связанными узлами.

Этот процесс, часто описываемый как «ассоциативное мышление», активирует сеть пассивного режима работы мозга, отвечающую за пассивный режим блуждания ума и спонтанные ассоциации, и центральной исполнительной сети, которая оценивает и дорабатывает эти спонтанные идеи [5, с. 87-95].

Таким образом, с системной точки зрения, когнитивный аппарат человека можно представить как модель «вход-обработка информации-выход». На входе поступает информация различного качества и из разнообразных областей знаний. «Обработка» включает ассимиляцию этой информации, ее бессознательную инкубацию и последующий синтез в новую конфигурацию. На выходе формируется идея, являющаяся принципиально новой комбинацией или применением существующих элементов. Следовательно, фундаментом креативности является не создание новых «атомов» знания, а формирование новых «молекулярных» связей между ними.

Таким образом, креативный акт – это, по сути, перенос и апроприация идей из одного контекста в другой. Классическим примером служит бионика, где принципы, заимствованные у биологических систем (например, структура крыла птицы для авиации), находят техническое воплощение. Этот процесс подтверждает тезис о том, что оригинальность является производной от широты знаний и способности увидеть аналогию между ранее не связанными сферами жизни.

В организационном контексте индивидуальный когнитивный процесс сталкивается с внешними ограничениями и возможностями. Создание идей сотрудником происходит не в вакууме, а в рамках организационной системы знаний. Согласно теории обмена знаниями (модель SECI) креативность процветает в среде, где происходит постоянная конвертация неявных знаний в явные и обратно.

Ключевым отличием организационной креативности является ее социальная природа. Как отмечается в работе Амабиле [6, с. с. 157-183], индивидуальная креативность является необходимым, но недостаточным условием для инноваций. Идея должна быть не только сгенерирована, но и соответствующим образом процессуализирована — развита, оценена, доработана и внедрена командой. Этот процесс требует эффективных коммуникационных каналов, общего семантического поля и культуры психологической безопасности, позволяющей высказывать рисковые идеи без страха осуждения.

Следуя описанной выше модели мышления «вход-обработка-выход», организацию также можно представить в виде данной системы применительно к генерации новых идей.

- Входы: это совокупность знаний, информации, опыта и стимулов, которыми оперируют сотрудники. Качество и разнообразие этих входных данных напрямую определяют потенциальный инновационный выход.

- Обработка (когнитивный процесс): Внутренняя работа мозга по синтезу новых связей. Его эффективность зависит от индивидуальных способностей, но также в значительной степени от организационных условий, которые либо подавляют, либо поощряют этот процесс (например, уровень стресса, когнитивная нагрузка, наличие времени для глубокой работы).

- Выходы: Конкретные идеи, решения и инновации.

Организация, фокусирующаяся лишь на выходе (требующая инноваций «по плану»), без инвестирования в качественные «входы» и поддержку «процесса», обречена на неудачу. Когнитивная гибкость и способность к дивергентному мышлению резко снижаются под воздействием хронического стресса и чрезмерной когнитивной нагрузки, характерных для многих современных корпоративных сред. Стратегическая задача организации, нацеленной на инновационное развитие, смещается с управления результатом на проектирование среды, которая оптимизирует все элементы системы.

3. **Организационные факторы, обуславливающие генерацию творческих идей в компании**

Для эффективного творчества человеку необходимо достаточно элементов для построения новых идей и формирования ассоциативных связей. Этот процесс в большей степени бессознательный, задача руководителя его стимулировать извне, а также способствовать переводу неоформленной мысли в оформленную идею для дальнейшей работы с ней. Инновационная организация должна целенаправленно формировать и обогащать «когнитивный резервуар» своих сотрудников — совокупность знаний, опыта, ментальных моделей и шаблонов. К основным конструктам такого когнитивного разнообразия относятся глубокое погружение в операционную деятельность и процессы компании, широкие профессиональные коммуникации и междисциплинарный подход.

Для создания новых управленческий решений и реализации улучшений сотрудникам необходимо глубоко изучить существующие организационные процессы: элементы и этапы этих процессов, задействованные информационные системы, регламенты и корпоративные документы, подходы к операционной деятельности и контролю.

Такое погружение позволяет сотрудникам предлагать не только радикальные «прорывные» инновации (которые случаются относительно редко), но и осуществлять постоянный поток инкрементальных улучшений, направленных на оптимизацию и совершенствование существующих практик.

Организация должна целенаправленно создавать и поддерживать ряд ключевых ресурсов, обеспечивающих мгновенный и осмысленный доступ к операционным знаниям: централизованные базы знаний и системы управления знаниями (СУЗ); системы мгновенного информирования и поиска (Внедрение мощных корпоративных поисковых систем, индексирующих все внутренние ресурсы: базы знаний, почту, чаты, документы в сетевых хранилищах); визуальные карты процессов и онтологии, интерактивные карты бизнес-процессов, системы управления контентом и документами, ИИ-агенты и чат-боты для оптимизации работы. ИИ-агенты могут не только предоставлять информацию, но и автоматизировать рутинные операции (например, составление отчетов по заданному шаблону на основе системных данных), освобождая время сотрудников для аналитики и творческих задач.

Данные инструменты трансформируют разрозненные данные и неформализованные знания в структурированную, доступную и легко усваиваемую информацию, которая является фундаментом для постоянного потока улучшений и прорывных инноваций.

Для трансформации существующих процессов необходимо постоянное изучение ситуации в отрасли: новые технологии, лучшие отраслевые практики, а также стажировки на передовых предприятиях. Этот процесс

напрямую связан с теорией абсорбционной способности, которая определяется как способность организации распознавать, ассимилировать и применять внешние знания для коммерческой пользы.

Важной возможностью получать новые знания являются профильные и смежные по профилю конференции и выставки. Посещение отраслевых мероприятий выполняют следующие функции:

1) источник разнообразных ментальных моделей: на отраслевых мероприятиях предоставляется возможность наблюдать, как разные организации решают схожие операционные задачи. Это расширяет репертуар возможных решений и стимулирует ассоциативное мышление.

2) развитие нарративной компетенции и навыков публичных выступлений: выступающие используют различные речевые модели и фокусы для описания сложных концепций. Наблюдая за этим, сотрудники развивают навык формулирования и объяснения собственных идей, что критически важно для их последующей «продажи» внутри организации. Более того, выступая с презентацией перед экспертами отрасли, сотрудники развивают свои ораторские навыки и навыки публичных выступлений, а также повышают свой авторитет и уверенность в своих силах и профессионализме, что немаловажно при формировании впоследствии творческих идей.

3) социальное обучение и укрепление психологической безопасности: Наблюдение за поведением спикеров в различных ситуациях (включая затруднения с ответом) и, что важнее, собственный опыт выступлений в благоприятной внешней среде служат формой экспериментального обучения.

Подобные мероприятия обычно носят формальный характер, и люди сдержанны в проявлении негативных реакций, таким образом, реакция слушателей обычно позитивная и решает функцию поддержки спикера. В отличии от коллег внутри организации, которые часто более требовательны и критичны по отношению к непривычным идеям и нововведениям. Такой опыт вырабатывает смелость, учит аргументировано защищать идеи и спокойно реагировать на критику в менее рисковом, чем внутренняя среда, контексте. Это напрямую способствует формированию психологической безопасности, необходимой для выдвижения «сумасшедших» идей внутри компании.

Также на конференции спикер имеет возможность расширить поле осознания своей идеи за счет вопросов и комментариев.

Для преодоления функциональной ригидности (когнитивного искажения, заставляющего видеть объекты только в их традиционной роли) и выхода за рамки отраслевых стереотипов необходимо взаимодействие с другими/новыми знаковыми системами. Посещение мероприятий из смежных и далеких от профиля деятельности областей (научные лекции, музеи, театры, художественные галереи) предоставляет доступ к принципиально иным когнитивным элементам и способам передачи сообщений (невербальным, символическим, эмоциональным).

Этот подход основан на принципе психологической дистанции знаний, который, согласно теории конструктов разного уровня [7, с. 440], способствует более абстрактному и творческому мышлению. Подобные практики не только обогащают «когнитивный резервуар», но и выполняют важную функцию снижения умственной нагрузки и напряжения через переключение контекста и эстетическое переживание. Активная жизненная позиция, культурная среда, межличностное взаимодействие, не ассоциированное с рабочими задачами, может помочь в профилактике эмоционального выгорания и сбросить напряжение.

Таким образом, организация может и должна активно управлять «входом» креативного процесса, создавая системные возможности для погружения в операционную реальность, профессионального нетворкинга и кросс-дисциплинарного обогащения, тем самым обеспечивая сотрудников необходимым сырьем для последующего синтеза инновационных идей.

4. **Корпоративный процесс генерации креативных идей и инноваций**

Рассмотрим, как организация может способствовать эффективному преобразованию этого «сырья» в новые идеи и ассоциации («обработка»). Этот этап является центральным звеном в цепи креативного мышления и требует целенаправленного управления условиями, в которых функционирует мышление сотрудников.

Дивергентное мышление — это способность продуцировать множество разнообразных решений на основе одного стимула, являющаяся основным когнитивным процессом на этапе генерации идей. В организационном контексте дивергенция позволяет индивидам или группам разрабатывать разные стратегии и концепции из общих исходных точек, что способствует креативности и поиску нестандартных решений. Современная корпоративная среда часто непреднамеренно создает условия, подавляющие дивергентное мышление через операционную перегруженность и эмоциональное выгорание. Постоянный режим многозадачности, авральный режим работы и высокий объем рутинных задач приводят к когнитивной перегрузке. Это истощает исполнительные функции мозга (оперативная память мозга, когнитивный контроль), не оставляя ресурсов для спонтанного блуждания мыслей и глубокой обработки информации, необходимых для творческого озарения [8].

Хронический стресс, вызванный высокой коммуникативной нагрузкой, неопределенностью или конфликтами, активирует миндалевидное тело (амигдала) и реакцию «бей или беги». Это не только сужает когнитивный фокус, но и подавляет активность сети пассивного режима работы мозга, которая, как известно, задействована в генерации спонтанных мыслей и творческих инсайтов.

Для преодоления этих барьеров организация может внедрять ряд практик, направленные на фасилитацию процесса когнитивной обработки информации: сохранение ресурсов для работы в режиме глубокой концентрации, управление умственной нагрузкой и профилактика выгорания, создание «доминанты» на проблеме по Ухтомскому.

Для глубокой концентрации компания должна создавать «буферные зоны» времени, свободные от встреч и уведомлений (например, «тихие часы» или дни без встреч). Также необходимо управлять когнитивной нагрузкой: четко определять приоритеты, ограничивать количество целей и внедрять практики психологической разгрузки. Важно формировать культуру, где отдых и отключение от работы не порицаются, а поощряются как необходимое условие долгосрочной продуктивности и креативности.

А.А. Ухтомский ввел понятие «доминанты» — устойчивого очага возбуждения в нервной системе, направляющего мышление на решение конкретной задачи. В организационном контексте, когда сотрудник удерживает проблему в фокусе внимания (формирует доминанту), его бессознательное мышление продолжает работать над ее решением даже в периоды отдыха, синтезируя полученную ранее информацию.

Таким образом, требуется не принуждение к креативности, а устранения барьеров на ее пути и создания защищенного пространства, где мыслительные ресурсы сотрудников могут быть направлены на дивергенцию, глубокую концентрацию и инкубацию идей.

5. **Корпоративная динамика внедрения инноваций**

Заключительный этап модели генерации креативных идей «вход-обработка-выход» — реализация новых идей — является критическим пунктом, в котором креативный потенциал сотрудника сталкивается с социальной реальностью организации. Если на предыдущих этапах фокус был на индивидуальном и когнитивном, то здесь ключевыми становятся групповые и институциональные факторы. Успешный «выход» — это не просто генерация идеи, но ее принятие, легитимация и интеграция в существующие организационные процессы, что требует преодоления естественного сопротивления среды изменениям.

С точки зрения социальной психологии, инновация представляет собой частный случай социального влияния, при котором меньшинство (носитель новой идеи) стремится изменить установки и поведение большинства, придерживающегося устоявшихся норм и практик. Как утверждал Серж Московичи [9], в отличие от конформизма (влияния большинства на меньшинство), влияние инновационного меньшинства основано на создании когнитивного конфликта. Устойчивое и последовательное поведение меньшинства заставляет большинство пересмотреть свою позицию и принять новую точку зрения.

Московичи выделял три ключевых поведенческих стиля, определяющих успех влияния меньшинства:

1) Последовательность, постоянство высказываний и уверенность: Устойчивость и непротиворечивость аргументов и поведения новаторов во времени демонстрирует уверенность и обоснованность позиции агентов перемен.

2) готовность отстаивать свою позицию, не переходя в крайнюю догматичность, которая может быть воспринята как угроза.

3) гибкость и малое расхождение: демонстрация готовности выслушать аргументы большинства и пойти на компромисс в непринципиальных вопросах, что снижает воспринимаемую угрозу. Меньшинство имеет больше шансов на успех, в случае если его мнение совпадает с мнением большинства в большинстве вопросов, но расходится только в одном или нескольких конкретных пунктах.

В организационном контексте это означает, что сотрудник-новатор должен не только предложить идею, но и последовательно ее лоббировать, аргументировано защищать ее перед коллегами и руководством, демонстрируя при этом вовлеченность в общие цели организации.

Успех влияния инновационного меньшинства напрямую зависит от типа организационных институтов — формальных и неформальных правил, определяющих взаимодействие внутри компании.

По аналогии с инклюзивными экономическими институтами, которые обеспечивают широкий доступ к участию и защиту прав собственности [10], способствуя технологическим инновациям и образованию, инклюзивные корпоративные практики создают условия для вовлечения сотрудников в управление и распределение результатов инноваций. Они характеризуются децентрализацией, культурой психологической безопасности (право на ошибку) и прямым влиянием на веру сотрудников в свою агентность, что является мощным мотиватором для выдвижения и реализации инноваций. Конкретными инструментами таких институтов выступают прозрачная система принятия решений, распределенное лидерство, кросс-функциональные команды, справедливое вознаграждение, открытые инновации и институционализация ролей «чемпионов инноваций». Результатом внедрения данных мер становится снижение иерархических барьеров, рост доверия и мотивации, более быстрая адаптация к изменениям, рост инновационности, снижение текучести, раскрытие скрытых талантов и улучшение репутации компании.

Некоторые компании (Valve, Semco, Zappos) отказались от иерархии в пользу холакратии, что ускорило вывод продуктов на рынок и рост продаж, а компания Bayer трансформировала структуру, внедрив систему Dynamic Shared Ownership с децентрализацией решений и самоуправляемыми командами [11]. В результате количество уровней управления сократилось с 12-13 до 6-7, число традиционных руководителей уменьшилось на 50%, а их роль сместилась от контроля к коучингу и поддержке. Эффективность подтверждается примером команды, запустившей препарат Nubeqa: время вывода сократилось на год, текущие продажи на 50% превышают планы, а прогнозируемый доход превышает $1 млрд.

Исследования показывают, что компании с инклюзивными практиками на 36% чаще превосходят конкурентов по рентабельности, имеют на 30% более низкую текучесть кадров, а разнородные управленческие команды генерируют на 19% более высокие доходы от инноваций и принимают качественные решения на 87% времени чаще, чем однородные. Кроме того, сильный инклюзивный бренд привлекает более широкий пул талантов, особенно среди молодых специалистов, снижая затраты на поиск кандидатов.

Следовательно, для эффективной реализации идей организация должна целенаправленно выстраивать инклюзивные институты, позволяющие инновационному меньшинству быть услышанным и влиять на консервативное большинство.

6. **Заключение**

Таким образом, организационная креативность представляет собой не стихийный феномен, а управляемый системный процесс, являющийся прямым результатом создания специфических условий.

В качестве эффективной управленческой парадигмы в статье предложена модель «Вход – Процессинг – Выход», которая формализует процесс генерации и реализации инноваций. Данная модель позволяет перевести творческую деятельность из разряда хаотичной в категорию управляемых процессов, для каждого этапа которых могут быть подобраны соответствующие организационные инструменты:

На этапе «Входа» критически важно обеспечить постоянное и разнообразное наполнение «когнитивного резервуара» сотрудников, включая как глубокие профессиональные и корпоративные знания, так и междисциплинарную информацию. Этап «Обработки» требует создания условий для глубокой когнитивной обработки информации: выделение времени для сфокусированной работы, обеспечения психологической безопасности и управления нагрузкой для предотвращения выгорания. Для успешной реализации «Выхода» необходимо формирование инклюзивной среды, поощряющей открытые инновации, экспериментирование, терпимость к обоснованным ошибкам и обеспечивающей эффективные механизмы влияния инновационного меньшинства на консервативное большинство.

Как показано, особую роль в успешной реализации идей играет построение инклюзивных корпоративных институтов, которые, децентрализуя принятие решений и наделяя сотрудников реальной агентностью, напрямую способствуют ускорению внедрения инноваций и улучшению ключевых бизнес-показателей.

Перспективой дальнейших исследований является верификация и приоритизация наиболее эффективных инструментов формирования креативной среды применительно к специфике высокотехнологичных компаний, а также сравнительный анализ особенностей управления инновационными процессами в различных отраслях.

Литература

1. Мартынова, Ю. А. (2023). Инновационные стратегии и управление изменениями в промышленном комплексе: адаптация к динамическим рыночным условиям и технологическим тенденциям. *Инновации и инвестиции, 6,* 9–12.

2. Дегтярев, М. В. (2022). Концепт и технологии дизруптивных регуляторных экспериментов. *Аграрное и земельное право, 4,* 138–143.

3. Chen, J., Ou, R., & Wang, J. (2022). The Strategy of Industrial Clusters to Deal with Disruptive Innovation. *Open Journal of Applied Sciences, 12,* 1649–1660. https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.1210112

4. Castillo-Vergara, M., Carrasco-Carvajal, O., Alvarez-Marín, A., P Sarango-Lalangui, P., & Munoz-Cisterna V. (2024). Innovation in perspective: The role of creativity and open innovation in B2B, B2C, and B2G business models. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity; 10*(4), 100399.

5. Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J., & Schacter, D. L. (2016). Creative Cognition and Brain Network Dynamics. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(2), 87–95.

6. Amabile, T. M., & Pratt, M. G. (2016). The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations: Making progress, making meaning. *Research in Organizational Behavior, 36*, 157–183. https://doi.org/10.1016/j.riob.2016.10.001.

7. Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review, 117*(2), 440.

8. Newport, C. (2016). *Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World.* Grand Central Publishing.

9. Moscovici, S. (1980). Toward a theory of conversion behavior. In L. Berkowitz (Ed.), Advances in experimental social psychology. Academic Press, 13, 209-242.

10. *Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты* / Дарон Аджемоглу, Джеймс А. Робинсон : [перевод с английского Дмитрия Литвинова, Павла Миронова, Сергея Сановича]. — Москва : Издательство АСТ, 2015. — 575, [1] с.

11. *Сбер. Дайджест Pro.Людей.* (сентябрь 2025). Режим доступа: URL: https://sberuniversity.ru/upload/iblock/d43/mv2xm01mix8qh2j9dijy2njew028x0m7/Dai_dzhest_BCHO_2025.pdf (дата обращения: 13.01.2026)

Developing creativity in high-tech companies

Klyueva V.A., Lisitsina G.V.
RHI LLC, MSTU named after. N.E. Bauman

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article addresses the problem of managing creativity in high-tech companies as a key factor of sustainability and competitiveness in a dynamic environment saturated with disruptive technologies. The authors substantiate the thesis that creativity, contrary to the common belief in its spontaneous nature, is a manageable cognitive process that can be systematically integrated into corporate culture and operational activities. The "Input – Processing – Output" model is proposed as a theoretical framework to formalize the innovation process. The paper analyzes in detail the factors influencing each stage: enriching employees' "cognitive reservoir" (interdisciplinary knowledge, industry events, knowledge management systems), creating conditions for divergent thinking and deep cognitive processing, as well as socio-psychological mechanisms for implementing ideas.

The article is intended for managers, organizational development specialists, and researchers interested in a systematic approach to managing creativity.

Keywords: creativity, innovation infrastructure, dynamic environment, corporate culture, innovation, innovation management.

7. **References**

1. Martynova, Yu. A. (2023). Innovative strategies and change management in the industrial complex: adaptation to dynamic market conditions and technological trends. Innovations and Investments, 6, 9–12.
2. Degtyarev, M. V. (2022). The Concept and Technologies of Disruptive Regulatory Experiments. Agrarian and Land Law, 4, 138–143.
3. Chen, J., Ou, R., & Wang, J. (2022). The Strategy of Industrial Clusters to Deal with Disruptive Innovation. Open Journal of Applied Sciences, 12, 1649–1660. https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.1210112
4. Castillo-Vergara, M., Carrasco-Carvajal, O., Alvarez-Marín, A., P Sarango-Lalangui, P., & Munoz-Cisterna V. (2024). Innovation in perspective: The role of creativity and open innovation in B2B, B2C, and B2G business models. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity; 10(4), 100399.
5. Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J., & Schacter, D. L. (2016). Creative Cognition and Brain Network Dynamics. Trends in Cognitive Sciences, 20(2), 87–95.
6. Amabile, T. M., & Pratt, M. G. (2016). The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations: Making progress, making meaning. Research in Organizational Behavior, 36, 157–183. https://doi.org/10.1016/j.riob.2016.10.001.
7. Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. Psychological Review, 117(2), 440.
8. Newport, C. (2016). Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World. Grand Central Publishing.
9. Moscovici, S. (1980). Toward a theory of conversion behavior. In L. Berkowitz (Ed.), Advances in experimental social psychology. Academic Press, 13, 209-242.
10. Acemoglu, D. and Robinson, J.A. Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty / D. Acemoglu, J.A. Robinson ; translated from English by D. Litvinov, P. Mironov, S. Sanovich. – Moscow : AST Publishers, 2015. – 575, [1] p.

Методические аспекты оценки кадровых рисков в оптовых компаниях

Кожин Владислав Геннадьевич
аспирант, направление подготовки «Экономика», Университет «Синергия», vladislav.kozhin.business@mail.ru

В статье рассматриваются методические подходы к оценке кадровых рисков в оптовых компаниях. Обосновывается актуальность разработки специализированного инструментария, учитывающего отраслевую специфику. Проведен анализ существующих качественных, количественных и комбинированных методик оценки, выявлены их сильные стороны и ограничения. На примере ООО «Торговый Дом Альфа» разработан и апробирован алгоритм оценки кадровых рисков, включающий идентификацию пяти ключевых групп рисков, расчет вероятности и величины ущерба, количественную оценку финансовых последствий и обоснование превентивных мероприятий. Показано, что внедрение предложенных мер позволяет снизить интегральный уровень риска с критического до допустимого и получить чистый экономический эффект. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода и регулярной оценки кадровых рисков в оптовом бизнесе.
Ключевые слова: кадровые риски, оптовая компания, методика оценки, управление персоналом, минимизация рисков.

В современных экономических условиях оптовая торговля является одним из ключевых звеньев товародвижения и обеспечивает связь между производством и розничным сегментом. Однако специфика функционирования оптовых компаний, связанная с управлением значительными товарными запасами, высокой операционной нагрузкой на персонал, зависимостью от ключевых сотрудников и сложной логистикой, порождает уникальные кадровые риски, которые существенно отличаются от рисков, характерных для розницы или производственных предприятий. Дефицит квалифицированных специалистов, угрозы нелояльности и утечки коммерческой информации, а также финансовые потери от ошибок персонала приобретают в оптовом бизнесе критический масштаб. Несмотря на очевидную значимость данной проблематики, существующие методические подходы к оценке кадровых рисков зачастую носят универсальный характер и не учитывают отраслевую специфику оптовых компаний, что обусловливает необходимость разработки и совершенствования специализированного методического инструментария.

Цель данной работы – разработка и обоснование методических рекомендаций по оценке кадровых рисков в оптовых компаниях, с помощью которых специалисты могут адекватно идентифицировать, количественно измерить и минимизировать ключевые угрозы, связанные с работой персонала, с учетом отраслевых особенностей оптовой торговли.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие методические подходы к оценке кадровых рисков и определить их применимость к оптовым компаниям.
2. Выявить и систематизировать специфические кадровые риски, характерные для оптового бизнеса.
3. Оценить кадровые риски на примере конкретной оптовой компании (идентифицировать риски, оценить вероятность и ущерб, спрогнозировать возможные финансовые последствия и обосновать превентивные мероприятия).

Управление кадровыми рисками представляет собой одну из ключевых функций управления персоналом. Эффективность этой функции напрямую зависит от адекватности применяемых методик оценки. В настоящее время существует множество подходов к измерению, анализу и прогнозированию данных рисков. Их условно можно разделить на три группы: качественные, количественные и комбинированные.

Среди качественных методик особое место занимает метод экспертных оценок. Его суть заключается в привлечении группы специалистов (внутренних или внешних), которые на основе своего опыта и интуиции ранжируют риски по вероятности наступления и величине ущерба. Классическим примером является доработанный метод Дельфи, позволяющий добиться консенсуса после нескольких раундов анонимного анкетирования. Экспертные оценки незаменимы в условиях дефицита статистических данных, однако их субъективность требует дополнительной верификации. Другим инструментом качественной оценки является метод «360 градусов», который изначально предназначен для оценки личных и деловых качеств персонала, однако, при этом может служить источником данных о репутационных и поведенческих рисках (лояльность, конфликтность). Как отмечает А.Н. Пояркова [7], данный метод позволяет выявить скрытые риски, связанные с неформальными отношениями в коллективе.

Количественные методики базируются на математических и статистических моделях. Наиболее распространённым инструментом является анализ текучести кадров с использованием коэффициентов выбытия и стабильности. Однако простой подсчёт процента уволившихся не даёт полной картины. Более продуктивным считается метод расчёта «индекса потери компетенций» [9]. Данный индекс учитывает не только количество уволенных, но и их профессиональный уровень, стаж и стоимость замещения.

Другой количественный подход – метод сценарного планирования с использованием имитационного моделирования Монте-Карло. Эта методика даёт возможность оценить вероятные финансовые потери от реализации различных кадровых рисков (например, уход ключевого специалиста или длительное отсутствие из-за болезни). Исследования А.И. Марона показывают, что данная модель даёт точность до 85% при условии корректно заданных входных параметров, таких как частота рисковых событий и средняя стоимость замещения должности [6].

Комплексный подход к оценке кадровых рисков реализован в рамках комбинированных методик, объединяющих достоинства качественного и количественного анализа. Классический пример – метод «кабинетных» аудитов в сочетании с анкетированием. М. Армстронг предлагает использовать «профили риска должности» [2]. При этом каждая позиция оценивается по нескольким шкалам: критичность для бизнеса, дефицитность навыков на рынке, психологическая напряжённость труда. Полученный балл переводится в количественную меру риска.

В российской практике широкое распространение получила методика «Матрица кадровых рисков» [8]. Она предполагает построение двухмерной таблицы, где по одной оси откладывается вероятность реализации риска, а по другой – степень его влияния на бизнес-процессы. Для каждой ячейки матрицы разрабатываются превентивные мероприятия. Данная методика удобна для визуализации, однако, она требует регулярного обновления входных данных.

Отдельно стоит выделить методики, основанные на анализе «человеческого фактора» и личностных характеристик. К их числу можно отнести психометрические тесты, например MMPI (Minnesota Multiphasic Personality Inventory, Миннесотский многоаспектный личностный опросник), тест Кеттелла (16-факторный личностный опросник – психодиагностическая методика, разработанная институтом под руководством Рэймонда Кеттелла), а также метод критических инцидентов. В.М. Катков доказывает, что прогнозирование риска деструктивного поведения (саботаж, хищения, халатность) возможно с точностью до 70% при использовании факторного анализа результатов таких тестов [4].

Перспективным методом является оценка рисков через анализ социальных сетей. С помощью данной методики выявляются «узкие горлышки» в неформальной структуре компании: определяются сотрудники, через которых может произойти утечка критически важной информации [1]. Потеря такого сотрудника несёт больший риск, чем уход рядового исполнителя.

Следует отметить, что ни одна из перечисленных методик не является универсальной. На практике они часто используются в комплексе, с адаптацией к особенностям отрасли, размеру компании и т.д.

Оценка кадровых рисков в оптовых компаниях имеет свою ярко выраженную специфику, обусловленную самой природой данного вида бизнеса. В отличие от розницы, где ключевым фактором является скорость обслуживания конечного покупателя, или производства, где приоритет отдается технологической дисциплине, оптовая компания функционирует как сложный логистический и коммерческий узел. Её риски, связанные с персоналом, в значительной степени определяют финансовую стабильность, товарную безопасность и репутацию на рынке.

Первая и самая значительная группа рисков связана с ключевыми коммерческими сотрудниками – менеджерами по продажам и руководителями отделов. В оптовых компаниях портфель клиентов часто состоит из нескольких десятков крупных контрагентов, в связи с чем уход ведущего менеджера может привести к системному кризису в бизнесе. Риск заключается не только в потере наработанных связей, но и в прямом уводе клиентской базы к конкурентам. Характерная черта такого риска – его латентность: он накапливается годами, пока сотрудник работает автономно, выстраивая личные, а не корпоративные отношения с заказчиками. Оценка этого риска требует анализа не только текущих KPI (Key Performance Indicators, ключевые показатели результативности), но и уровня зависимости информационной системы компании от деятельности конкретных менеджеров или специалистов по продажам. Чем выше доля продаж, проходящих через одного человека без кросс-контроля, тем выше риск.

Вторая специфическая область – риски, связанные с товарным учетом и складской логистикой. Оптовая компания оперирует большими объемами товара, и поэтому человеческий фактор приобретает особое значение. Ошибка кладовщика при отгрузке, халатность оператора при вводе данных в учётную систему или корыстные действия сотрудника в сговоре с клиентом могут привести к крупным финансовым потерям. Особенность оценки таких рисков состоит в том, что они носят системный характер: низкая квалификация одного звена (например, приемщика товара) создает каскад ошибок для бухгалтерии, отдела закупок и продаж. Поэтому при оценке необходимо изучать не деятельность отдельного сотрудника, а эффективность всей цепочки «приемка – хранение – отгрузка – документооборот» и уровень контроля на каждом этапе [5].

Третья группа рисков – это риски замещения и дефицита компетенций. Рынок труда в сфере оптовой торговли достаточно узок. Найти опытного менеджера по закупкам, разбирающегося в специфике конкретной товарной группы (например, промышленного оборудования или продуктов питания с коротким сроком годности), крайне сложно. Длительный поиск замены или необходимость обучения новичка «с нуля» создает простой в бизнес-процессах. В отличие от массовых профессий, в данном случае каждый квалифицированный сотрудник является уникальным. Оценка данного риска должна включать анализ «глубины скамейки запасных», то есть наличия потенциальных преемников на ключевые должности и уровня их готовности к самостоятельной работе.

В оптовых компаниях существует определенная специфика риска дефицита кадров. Особенностью таких компаний является высокая зависимость от операционной эффективности каждого сотрудника, поскольку оптовая торговля оперирует значительными товарными запасами, сложной логистикой и большим количеством транзакций. В отличие от розницы, где потеря одного продавца может быть компенсирована ротацией персонала, в опте каждый специалист несет колоссальную ответственность за управление складскими остатками, контроль дебиторской задолженности и выстраивание отношений с ключевыми клиентами.

Дефицит, как правило, касается не просто исполнителей, а профессионалов, способных работать в условиях высокой неопределенности: колебания спроса, сезонные пики, необходимость быстрой адаптации к изменениям на рынке поставок. Особую остроту проблеме придает узкая специализация: менеджер по закупкам в оптовой компании должен понимать не только товарные группы, но и специфику ценообразования, логистических маршрутов и таможенного оформления [3]. Поиск такого специалиста на рынке труда представляет собой весьма сложную задачу, поскольку узкопрофильные знания и опыт работы именно в оптовом сегменте формируются годами.

Особого внимания заслуживают риски мотивационной деформации. В оптовых компаниях часто используются жёсткие KPI, привязанные к плану продаж или маржинальности. Это создает риск стимулирования нежелательного поведения: менеджеры могут демпинговать ради выполнения плана по объему, в ущерб прибыли, или предоставлять «серые» скидки без согласования. Формально сотрудник эффективен, но его работа разрушает финансовую безопасность компании. Оценка такого риска требует анализа не только базовых количественных показателей в отчетах, но и индикаторов качества сделок: доли низкомаржинальных продаж, частоты возвратов по вине перекупщиков, процента клиентов с высокой дебиторской задолженностью [10].

Таким образом, оценка кадровых рисков в оптовых компаниях – это комплексный анализ бизнес-процессов сквозь призму человеческого фактора. Ключевыми индикаторами здесь выступают: автономность работы менеджеров с клиентами, качество складского учета, наличие дублирующих функций, уровень цифровизации контроля и способность компании успешно функционировать без конкретных личностей. Только системный подход дает возможность минимизировать потери от ухода сотрудников, краж, ошибок и мотивационных перекосов и превратить человеческий капитал из источника риска в устойчивое конкурентное преимущество.

Рассмотрим алгоритм оценки кадровых рисков оптовых компаний на примере ООО «Торговый Дом Альфа». Компания занимается оптовой торговлей строительными материалами, штат – 45 человек.

1. Идентификация ключевых кадровых рисков.

Для оптовой компании основными источниками кадровых рисков являются: высокая текучесть персонала, дефицит квалифицированных специалистов (менеджеры по продажам, логисты), зависимость от ключевых сотрудников, низкая мотивация, а также риски потери знаний при увольнении. Выделим пять групп рисков:

- риск потери ключевого персонала (P1)
- риск недостаточной компетентности (P2)
- риск дефицита кадров (P3)
- риск демотивации и снижения производительности (P4)
- риск кадровой безопасности (нелояльность, ошибки) (P5)

2. Оценка вероятности и величины ущерба.

Каждый риск оценивается по шкале от 1 до 5 по двум параметрам:

- вероятность (V): 1 – крайне низкая (менее 5%), 5 – очень высокая (более 80%).
- ущерб (U): 1 – незначительный (до 50 тыс. руб. в месяц), 5 – критический (более 2 млн. руб. в месяц).

Интегральная оценка риска (R) рассчитывается как произведение: R = V * U. Максимальное значение – 25.

3. Оценка на примере ООО «Торговый Дом Альфа».

На основе анкетирования руководителей, анализа HR-отчетов за 2025 год и интервью с ключевыми сотрудниками получены следующие данные (таблица 1).

Таблица 1

Оценка кадровых рисков ООО «Торговый Дом Альфа»

Риск	Описание	Вероятность (V)	Ущерб (U)	Интегральная оценка (R)	Уровень

P1	Уход двух топ-менеджеров (коммерческий директор, начальник отдела закупок)	4	5	20	Критический
P2	Некомпетентность троих новых менеджеров (ошибки в договорах, потеря клиентов)	3	4	12	Высокий
P3	Дефицит водителей-экспедиторов (две вакансии открыты более трёх месяцев)	5	3	15	Высокий
P4	Снижение мотивации отдела продаж (падение плана на 15% в квартал)	4	3	12	Высокий
P5	Утечка коммерческой информации (база клиентов)	2	5	10	Средний

4. Количественная оценка финансовых последствий.

Для выявленных рисков выполним расчет прямых и косвенных потерь за квартал:

Риск P1 (уход топ-менеджеров):

Поиск и адаптация замены – 500 тыс. руб. + потеря 20% выручки в переходный период (оценка потери маржи – 1,2 млн. руб. при обороте 50 млн. руб.). Итого: 1,7 млн. руб. за квартал.

Риск P2 (некомпетентность):

Стоимость исправления ошибок и компенсации клиентам – 200 тыс. руб. за квартал.

Риск P3 (дефицит водителей):

Срывы поставок – штрафы клиентам 80 тыс. руб./мес. + оплата стороннего транспорта на 30% дороже – 120 тыс. руб./мес. Итого: 600 тыс. руб. за квартал.

Риск P4 (демотивация продаж):

Недополученная маржа из-за снижения плана на 15% – 750 тыс. руб. за квартал.

Риск P5 (утечка базы):

Единовременные потери – 400 тыс. руб. (потеря клиентов, перешедших к конкуренту).

5. Разработка мероприятий по минимизации рисков

На основе интегральных оценок и данных по потенциальным финансовым последствиям предложим меры по нивелированию рисков и спрогнозирована их эффективность (таблица 2).

Таблица 2

Меры по нивелированию кадровых рисков

Риск	Мероприятие	Затраты на внедрение (в квартал)	Ожидаемое снижение ущерба (в квартал)	Чистый эффект
P1	Назначить заместителей, внедрить программу удержания (бонусы за стаж, опционы)	300 000	1 200 000	+900 000
P2	Провести аттестацию, организовать обучение (три тренинга, коучинг)	150 000	150 000 (снижение ошибок на 75%)	0 (окупаемость)
P3	Увеличить зарплату водителей на 15%, нанять временный персонал через аутсорсинг	400 000	600 000 (полное устранение дефицита)	+200 000
P4	Внедрить KPI с ежемесячной премией за перевыполнение, провести мотивационную сессию	200 000	500 000 (восстановление плана на 10%)	+300 000
P5	Внедрить систему DLP (Data Loss Prevention, предотвращение утечки данных), подписать соглашения о неразглашении, провести аудит доступа	120 000	300 000	+180 000

6. Оценка остаточного риска после принятия мер

Оценим снижение вероятности и ущерба после проведения мероприятий (таблица 3).

Таблица 3

Риск	Исходный R	Снижение V	Снижение U	Новый R	Уровень риска после проведения мероприятий
P1	20	на 2 (V=2)	на 1 (U=4)	8	Средний
P2	12	на 1 (V=2)	на 1 (U=3)	6	Низкий
P3	15	на 2 (V=3)	на 1 (U=2)	6	Низкий
P4	12	на 1 (V=3)	на 1 (U=2)	6	Низкий
P5	10	на 1 (V=1)	на 2 (U=3)	3	Низкий

Общий кадровый риск компании снижается с 12,8 (средневзвешенное по всем рискам) до 5,8, что соответствует допустимому уровню. Суммарный чистый экономический эффект от внедрения мероприятий за квартал составляет 1,58 млн. руб. (900 000 + 0 + 200 000 + 300 000 + 180 000).

Таким образом, на примере ООО «Торговый Дом Альфа» количественно оценены кадровые риски, определена их приоритетность и обоснованы финансовые вложения в оптимизационные мероприятия. Для компании ключевым риском является потеря ключевых руководителей (R=20), что требует немедленного внедрения программ удержания. Вторым по значимости – дефицит водителей (R=15), который решается повышением зарплаты и аутсорсингом. Регулярное проведение оценки (ежеквартально) позволит компании минимизировать кадровые угрозы и повысить стабильность бизнеса.

Итак, в ходе исследования выполнен системный анализ существующих подходов к оценке кадровых рисков – качественных, количественных и комбинированных. Установлено, что каждая из рассмотренных методик (метод экспертных оценок, метод Дельфи, анализ текучести кадров, имитационное моделирование Монте-Карло, психометрическое тестирование, анализ социальных сетей) обладает как сильными сторонами, так и ограничениями. При этом ни одна из них в отдельности не может быть признана универсальным инструментом, пригодным для применения в оптовых компаниях без существенной адаптации. Эффективная оценка кадровых рисков в оптовом бизнесе требует разработки специализированного комбинированного подхода, учитывающего отраслевую специфику и особенности бизнес-процессов.

Выделены и охарактеризованы пять ключевых групп рисков оптовых компаний: потеря ключевого персонала (менеджеров по продажам и руководителей отделов закупок), недостаточная компетентность сотрудников, дефицит кадров на узкопрофильные позиции, демотивация и снижение производительности, а также риски кадровой безопасности, включающие нелояльность и системные ошибки персонала. Показано, что оптовая компания, в отличие от розничных сетей или производственных предприятий, характеризуется высокой зависимостью от каждого конкретного сотрудника, значительной автономией менеджеров при работе с ключевыми клиентами, узостью рынка труда профильных специалистов и повышенной уязвимостью коммерческой информации.

Перспективным направлением исследований в рассматриваемой области представляется разработка отраслевых нормативов – допустимых уровней кадровых рисков для оптовых компаний разного масштаба и специализации, что позволит повысить объективность оценки и сравнимость результатов между предприятиями отрасли.

Литература

1. Анацкая А.Г., Долгих Е.С., Толкачева Е.В. Социальные сети, как источник угроз информационным активам предприятия // ОмГТУ. 2019. №4. С. 38-45.
2. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. – СПб.: Питер, 2017. – С. 302–309
3. Кан Ю.Ч., Кунин В.А. Отраслевые особенности и тенденции развития торгового предпринимательства // Торгово-экономический журнал. 2014. №1. С. 15-26.
4. Катков В.М. Технология оценки руководящих кадров // СЭПТП. 2010. №3. С. 41-55.
5. Кудрявцева Н.А. Риски организаций оптовой торговли, осуществляющих внешнеэкономическую деятельность // Актуальные вопросы экономических наук. 2017. №58. С. 27-31.
6. Марон А.И. Сценарный подход к планированию распределения персонала НИИ с учетом рисков // Бизнес-информатика. 2013. №4 (26). С. 58-61.
7. Пояркова А.Н. 360-градусная оценка: ключевой инструмент в оценке компетенции сотрудников // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №6-3 (93). С. 44-46.
8. Резник С.Д., Холькина О.В. Кадровый аудит как диагностика рисков в системе управления персоналом организации // Экономика строительства. 2021. №6 (72). Ч. 35-42.
9. Токарева Ю.А., Гаспарович Е.О., Шурыгина Н.А., Линдер В.И. Адаптация методики оценки управленческих компетенций руководителя // УПИРР. 2022. №2. С. 66-71.
10. Ханин А.Д. Методы мотивации и стимулирования на производственно-торговом предприятии // Вестник науки. 2024. №6 (75). С. 446-451.

Methodological aspects of assessing personnel risks in wholesale companies

Kozhin V.G.
Synergy University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article discusses methodological approaches to assessing personnel risks in wholesale companies. The relevance of developing specialized tools that take into account industry-specific features is substantiated. An analysis of existing qualitative, quantitative, and combined assessment methods is conducted, and their strengths and limitations are identified. Based on the example of Alfa Trading House LLC, an algorithm for assessing personnel risks is developed and tested, which includes the identification of five key risk groups, the calculation of the probability and magnitude of damage, the quantitative assessment of financial consequences, and the justification of preventive measures. It is shown that the implementation of the proposed measures allows for reducing the integrated risk level from critical to acceptable and achieving a net economic benefit. The article concludes that a comprehensive approach and regular assessment of personnel risks in the wholesale business are necessary.

Keywords: personnel risks, wholesale company, assessment methodology, personnel management, risk minimization.

References

1. Anatskaya A.G., Dolgikh E.S., Tolkacheva E.V. Social networks as a source of threats to an enterprise's information assets // Omsk State Technical University. 2019. No. 4. pp. 38-45.
2. Armstrong M. Human Resource Management Practice. - St. Petersburg: Piter, 2017. - pp. 302-309
3. Kan Yu.Ch., Kunin V.A. Industry characteristics and trends in the development of trade entrepreneurship // Trade and Economic Journal. 2014. No. 1. pp. 15-26.
4. Katkov V.M. Management assessment technology // SEPTP. 2010. No. 3. pp. 41-55.
5. Kudryavtseva N.A. Risks of Wholesale Trade Organizations Engaged in Foreign Economic Activity // Current Issues in Economic Sciences. 2017. No. 58. Pp. 27-31.
6. Maron A.I. Scenario Approach to Planning Research Institute Personnel Distribution Taking into Account Risks // Business Informatics. 2013. No. 4 (26). Pp. 58-61.
7. Poyarkova A.N. 360-Degree Assessment: A Key Tool in Assessing Employee Competence // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024. No. 6-3 (93). Pp. 44-46.
8. Reznik S.D., Kholkina O.V. HR Audit as a Risk Diagnostic in an Organization's HR Management System // Construction Economics. 2021. No. 6 (72). Part 35-42.
9. Tokareva Yu.A., Gasparovich E.O., Shurygina N.A., Linder V.I. Adaptation of the methodology for assessing the managerial competencies of a manager // UPIRR. 2022. No. 2. Pp. 66-71.
10. Khanin A.D. Methods of motivation and incentives at a manufacturing and trading enterprise // Herald of Science. 2024. No. 6 (75). Pp.

Трансформация бизнес-моделей электронной коммерции под влиянием технологий искусственного интеллекта: от операционной эффективности к экосистемной конкуренции

Коржаков Владислав Александрович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет «Синергия»», vladis-lav2@mail.ru

В статье рассматривается трансформация бизнес-моделей электронной коммерции под влиянием технологий искусственного интеллекта. Целью является анализ перехода маркетплейсов от классической комиссионной модели к модели «ИИ-платформы» и выявление новых источников конкурентных преимуществ. Исследование базируется на анализе кейсов российских маркетплейсов (Wildberries, Ozon, Яндекс Маркет), а также международного опыта (Amazon, OpenAI) и концептуальном моделировании. Выявлен сдвиг в архитектуре бизнес-моделей: от посреднической функции к экосистемной интеграции цепочки создания стоимости. Определены новые стратегические барьеры входа, основанные на данных и ML-инфраструктуре. Показано перераспределение экономической власти между платформой и селлерами под влиянием алгоритмического управления. Описана эволюция организационного дизайна с появлением новых функций (CDO, MLOps, AI Translator). Ключевым источником конкурентного преимущества становится не точность отдельных моделей, а способность платформы создавать замкнутый цикл «данные → ИИ → ценность для клиента → новые данные». Результаты могут быть использованы для формирования стратегий цифровой трансформации торговых компаний.

Ключевые слова: бизнес-модель, искусственный интеллект, электронная коммерция, маркетплейс, экосистема, стратегические барьеры, цифровая трансформация.

Введение

В предшествующем исследовании были подробно рассмотрены методы машинного обучения и архитектуры нейронных сетей, применяемые в электронной коммерции для решения задач персонализации, ценообразования и прогнозирования спроса. Показано, что внедрение ML-решений обеспечивает измеримый рост операционных и финансовых показателей: прирост конверсии, увеличение GMV, сокращение логистических издержек [1]. Российские маркетплейсы Wildberries и Ozon последовательно переходят от классических алгоритмов ранжирования к глубоким нейронным сетям, фиксируя положительную динамику ключевых индикаторов.

Однако технологические изменения оказывают более фундаментальное воздействие: они перестраивают саму архитектуру бизнеса, цепочку создания стоимости и конкурентные стратегии компаний. Маркетплейсы, такие как Wildberries, Ozon, Яндекс Маркет, становятся не только платформами для продаж, но и экосистемами, в которых алгоритмы машинного обучения определяют правила игры для всех участников [2]. Искусственный интеллект эволюционировал из инструмента оптимизации бэк-энда в центральную нервную систему современной коммерции, создавая более персонализированную, эффективную и отзывчивую экосистему для потребителей и бизнеса [3].

Исследовательский вопрос настоящей работы формулируется следующим образом: каким образом технологии искусственного интеллекта трансформируют бизнес-модели электронной коммерции, создавая новые источники конкурентных преимуществ и переопределяя отношения между платформой, продавцами и покупателями?

1. Сдвиг в бизнес-моделях: от комиссионной модели к ИИ-платформе

Классическая модель маркетплейса строилась на посреднической функции: платформа агрегирует предложения продавцов, обеспечивает трафик и получает комиссию с транзакций. Ценность платформы определялась масштабом аудитории и ассортимента — работал классический сетевой эффект. Однако по мере насыщения рынка этот подход исчерпывает потенциал роста. Как отмечают эксперты, широкий ассортимент больше не является главным преимуществом для маркетплейсов — выживают те, кто работает точнее и быстрее [4].

Внедрение ИИ трансформирует маркетплейс из пассивного посредника в активного управляющего всей цепочкой создания стоимости. Можно выделить три ключевых направления этой трансформации.

Во-первых, происходит переход от поиска к предсказанию. Традиционный e-commerce требовал от пользователя активных действий: ввести запрос, отфильтровать результаты, сравнить цены. ИИ-модели на основе архитектур Transformer и графовых нейронных сетей предугадывают потребности покупателя до того, как он их осознает, формируя персонализированную выдачу в реальном времени [5]. Алгоритмы Wildberries анализируют поведение каждого пользователя и формируют индивидуальную выдачу, что принципиально меняет логику взаимодействия с клиентом [6].

Во-вторых, платформа интегрируется в физическую инфраструктуру. ИИ в логистике подразумевает использование технологий машинного обучения и предиктивных алгоритмов для оптимизации операций цепочки поставок — от прогнозирования спроса до улучшения управления запасами и автоматизации маршрутизации заказов [7]. Маркетплейс превращается в сквозную систему, контролирующую движение товара от производителя до конечного потребителя.

В-третьих, появляется новый тип бизнес-модели — «агентная коммерция» (Agentic Commerce). Как показывают международный опыт, покупатели могут просматривать и приобретать товары непосредственно внутри ИИ-диалога — без результатов поиска, прокрутки и посредников в виде традиционного маркетплейса [8]. Роль платформы меняется: из пункта назначения она становится одним из нескольких входных сигналов для решения, принимаемого ИИ [9]. Это создаёт принципиально новую конкурентную среду, где борьба идет не за долю рынка, а за доступ к данным, на которых обучаются агенты.

2. Стратегические барьеры входа: данные и ML-инфраструктура как новый «ров»

Классические барьеры входа в электронной коммерции — эффект масштаба, узнаваемость бренда, доступ к капиталу — постепенно уступают место новым, основанным на данных и алгоритмах. Урок Amazon в области AI-коммерции показателен: успех в клиентском опыте зависит меньше от гениальности модели и больше от качества и целостности данных под ней [10]. Закрытая экосистема Amazon, где продуктовые, клиентские, поведенческие данные объединены и контролируются, создаёт непреодолимое преимущество для новых игроков [11].

Можно выделить три уровня стратегических барьеров, формируемых ИИ.

Барьер данных. По данным Boston Consulting Group, 61% компаний называют качество и доступность данных одним из ключевых барьеров для внедрения ИИ [12]. Для e-commerce это особенно актуально, поскольку бизнес оперирует огромными объемами информации, распределенной по десяткам систем. Накопленная история транзакций, поведенческие паттерны и логистические данные создают «ров», который невозможно преодолеть за счет одних лишь инвестиций.

Барьер инфраструктуры MLOps. Эффективная работа ИИ-моделей требует не только данных, но и специализированной инфраструктуры для их непрерывного обучения, валидации и развертывания. MLOps-инфраструктура позволяет компании перейти от разрозненных экспериментов к устойчивой ML-практике, напрямую влияющей на продажи и лояльность клиентов [13]. Затраты на создание такой инфраструктуры исчисляются десятками миллионов долларов, что делает ее недоступной для небольших игроков.

Барьер «летучей мыши данных». Как отмечают исследователи, любой AI-продукт в коммерции упирается в одну и ту же проблему — модели нужны данные для качественных результатов, качественные результаты генерируют вовлеченность, вовлеченность генерирует данные, но цикл должен с чего-то начаться, и именно в этой точке большинство продуктов незаметно умирают [14]. Крупные платформы уже прошли эту точку, создав самоподдерживающийся цикл.

Таким образом, внедрение ИИ не просто повышает эффективность — оно фундаментально меняет структуру конкуренции, создавая новые барьеры входа, основанные на владении данными и алгоритмической инфраструктурой.

3. Влияние на экосистему партнеров: перераспределение экономической власти

Внедрение динамического ценообразования и ML-ранжирования на платформе создаёт управленческую дилемму: как перераспределяется экономическая власть между маркетплейсом и независимыми продавцами?

С одной стороны, платформы предоставляют селлерам доступ к мощным ИИ-инструментам. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет компаниям увеличить точность прогнозирования спроса до 85%, что снижает издержки на складирование и повышает оборачиваемость товаров [15]. Маркетплейсы становятся экосистемами, в которых продавцы могут использовать алгоритмы для повышения эффективности своего бизнеса [2].

С другой стороны, алгоритмическое управление создаёт новую форму зависимости. Алгоритмы площадок действительно любят низкие цены и дают таким товарам буст в ранжировании [16]. Ценовой фактор стал ключевым в ранжировании, что негативно сказывается на марже большинства селлеров, при этом рекламные расходы остаются на прежнем уровне [6]. Более того, платформы все активнее скрывают данные о конкурентах, рекламных ставках и остатках товаров, ограничивая аналитические возможности продавцов [6].

Статистика подтверждает растущую концентрацию: больше 70% продаж сосредоточены лишь у 1% продавцов, в то время как остальные делят оставшуюся треть рынка [4]. Это свидетельствует о том, что алгоритмическое управление усиливает эффект «победитель получает все», закрепляя доминирование крупных игроков и затрудняя вход новым участникам.

Таким образом, внедрение ИИ на платформах создаёт асимметрию: маркетплейс получает полный контроль над данными и алгоритмами ранжирования, тогда как селлеры вынуждены адаптироваться к правилам, которые они не могут контролировать и часто не полностью понимают.

4. Организационный дизайн: новые управленческие функции и структуры

Глубокая интеграция ИИ требует перестройки организационной структуры компаний электронной коммерции. Традиционные иерархии, основанные на функциональных подразделениях (маркетинг, продажи, логистика), оказываются неэффективными в условиях, когда ключевые решения принимаются алгоритмами.

Можно выделить несколько новых организационных функций, возникающих в процессе цифровой трансформации.

CDO (Chief Data Officer) и эволюция в CAIO (Chief AI Officer). Руководитель, ответственный за разработку и реализацию стратегии цифровой трансформации, остается ключевой фигурой в управлении компанией [17]. Однако внедрение генеративного ИИ приводит к появлению роли Chief AI Officer (CAIO) — директора по искусственному интеллекту, в фокусе которого находятся вопросы этики использования GenAI, управление рисками галлюцинаций моделей и интеграция LLM в клиентские сервисы. В маркетплейсе «Магнит Маркет» должность CDO была введена для централизации управления данными, что позволило преодолеть разрозненность аналитических функций и создать единую команду из 200+ специалистов [18]. Следующим шагом становится выделение GenAI-направления в отдельный трек развития под кураторством CAIO.

MLOps-центры и появление LLMOps. Внедрение классического ИИ требовало специализированной инфраструктуры MLOps для управления жизненным циклом моделей. Генеративный ИИ добавляет новый уровень сложности: необходимо управлять не только обучением, но и промптами, контекстными окнами, цепочками рассуждений (Chain-of-Thought) и стоимостью инференса. Это приводит к формированию практик LLMOps (Large Language Model Operations). В команды Data&Analytics крупных e-commerce платформ, помимо дата-сайентистов и дата-инженеров, теперь включаются Prompt Engineers (инженеры промптов) и AI Quality Assurance специалисты, отвечающие за валидацию выходных данных генеративных моделей и предотвращение репутационных рисков.

AI Translator (AI-переводчик) и Prompt Curator. «Разрыв интерпретации» между техническими специалистами и бизнес-менеджерами усугубляется с появлением генеративных моделей, поведение которых носит вероятностный и недетерминированный характер. Функция AI-переводчика трансформируется в роль Prompt Curator или GenAI Product Manager — менеджера, который не просто объясняет бизнесу, как работает модель, но и управляет библиотекой промптов, калибрует «температуру» ответов (степень креативности) и определяет допустимые границы автономности ИИ-агентов. В Lamoda, например, команды ранжирования и навигации, прайсинга, персонализации и AI-стилиста работают в тесной связке с коммерческим департаментом, обеспечивая трансляцию бизнес-требований в алгоритмические решения, включая настройку генеративных фичей для описания товаров или диалоговых интерфейсов [19].

Эффективное применение генеративного ИИ требует создания специализированных платформ оркестрации мультиагентных систем. Взаимодействие профильных алгоритмов вынуждает переходить от тестирования одиночных моделей к сложной координации распределенных задач. При этом мониторинг отклонений и проектирование цепочек действий становятся базовым условием безопасного масштабирования клиентских сервисов.

Подобная архитектура бизнеса подразумевает формирование конвейера управления агентами. Возникает потребность в специалистах на стыке технологий и лингвистики, а процессы адаптируются к непрерывным итерациям из-за вероятностной природы ответов нейросетей.

Заключение

Анализ предметной области позволяет сформулировать следующие положения.

Во-первых происходит смещение фокуса электронной коммерции с посредничества на системную интеграцию. Платформы трансформируются в управляемые алгоритмами пространства, где автономные модули берут на себя задачи консультирования и контроля логистических цепочек.

Во-вторых вычислительная инфраструктура формирует существенный барьер для входа. Накопленные массивы информации в сочетании с проприетарными базами знаний генерируют недоступный новым игрокам цикл самовоспроизводящегося развития.

Главным конкурентным преимуществом платформы становится поддержание цикла непрерывного дообучения алгоритмов за счет синтезируемой потребительской ценности. Перспективные научные поиски целесообразно направить на изучение нормативного регулирования подобных механизмов и выработку стандартов их прозрачности.

Литература

1. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. — Boston: Harvard Business Review Press, 2018. — 272 p.

2. Brynjolfsson E., McAfee A. The Business of Artificial Intelligence: What It Can — and Cannot — Do for Your Organization // Harvard Business Review. — 2017. — July. — P. 1–13.

3. Ващенко И. Трансформеры для персональных рекомендаций на маркетплейсе: от гипотез до A/B-тестирования // Habr / Wildberries. — 2025. URL: https://habr.com/ru/companies/wildberries/articles/972082/ (дата обращения: 12.04.2026).

4. Кирсанов Д. Как прогнозировать спрос и автоматизировать закупки с помощью ML // Habr / OzonTech. — 2018. URL: https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/431950/ (дата обращения: 12.04.2026).

5. Ким С. От товара к предложению: как Ozon учитывает цену и доставку в ранжировании // Habr / OzonTech. — 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/995840/ (дата обращения: 12.04.2026).

6. Конкуренция, аналитика, ИИ: как выжить на маркетплейсах в 2025 году // РБК. — 2025. URL: https://www.rbc.ru/radio/01/10/2025/68dce8479a7947516715a1a5 (дата обращения: 12.04.2026).

7. Новые алгоритмы ВБ и Озона: как выводить карточки в ТОП в 2026 году // VC.ru. — 2025. URL: https://vc.ru/id5557651/2655742-algoritmy-vb-i-ozona-2026-kak-vyvesti-tovary-v-top-marketpleysov (дата обращения: 12.04.2026).

8. ИИ в логистике: создавайте цепочки поставок нового уровня с помощью искусственного интеллекта // Ecommerce Fastlane. — 2025. URL: https://ecommercefastlane.com/ru/ai-in-logistics-build-next-level-supply-chains-with-artificial-intelligence-examples/ (дата обращения: 12.04.2026).

9. Почему ни одна компания не может повторить шаги Amazon в области AI-коммерции // Gate.com. — 2026. URL: https://www.gate.com/ru/post/status/20075197 (дата обращения: 12.04.2026).

10. Marketplaces in the Age of AI, Take Two: Graveyard to Greenfield // Andreessen Horowitz. — 2025. URL: https://a16z.com/marketplaces-in-the-age-of-ai-take-two-graveyard-to-greenfield/ (дата обращения: 12.04.2026).

11. AI in Commerce: Where the Real Moats Get Built // Blume.vc. — 2026. URL: https://blume.vc/commentaries/ai-in-commerce-where-the-real-moats-get-built (дата обращения: 12.04.2026).

12. Автоматизация анализа пользовательских данных с помощью MLOps // RedLab. — 2025. URL: https://redlab.dev (дата обращения: 12.04.2026).

13. Как мы строим команду аналитики в «Магнит Маркете» // Habr. — 2024. URL: https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/823268/ (дата обращения: 12.04.2026).

14. Data & Analytics // Lamoda Tech. URL: https://latech.ru/data (дата обращения: 12.04.2026).

Transformation of e-commerce business models under the influence of artificial intelligence technologies: from operational efficiency to ecosystem competition

Korzhakov V.A.
Moscow University for Industry and Finance "Synergy"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the transformation of e-commerce business models under the influence of artificial intelligence technologies. The purpose of the study is to analyze the transition of marketplaces from the classical commission model to the AI-platform model and to identify new sources of competitive advantage. The research is based on case analysis of Russian marketplaces (Wildberries, Ozon, Yandex Market), international experience (Amazon, OpenAI), and conceptual modeling. A structural shift in business model architecture is identified: from an intermediary function to ecosystem integration of the value chain. New strategic entry barriers based on data and ML infrastructure are defined. The redistribution of economic power between the platform and sellers under algorithmic management is demonstrated. The evolution of organizational design with the emergence of new roles (CDO, MLOps, AI Translator) is described. The key source of competitive advantage is shown to be not the accuracy of individual models, but the platform's ability to create a closed loop: data → AI → customer value → new data. The results can be used to formulate digital transformation strategies for trading companies.

Keywords: business model, artificial intelligence, e-commerce, marketplace, ecosystem, strategic barriers, digital transformation.

References

1. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston: Harvard Business Review Press, 2018, 272 p.

2. Brynjolfsson E., McAfee A. The Business of Artificial Intelligence: What It Can—and Cannot—Do for Your Organization // Harvard Business Review. 2017, July, pp. 1–13.

3. Vaschenko I. Transformers for Personalized Recommendations on the Marketplace: From Hypotheses to A/B Testing // Habr / Wildberries. 2025. URL: https://habr.com/ru/companies/wildberries/articles/972082/ (accessed: 12.04.2026).

4. Kirsanov D. How to Forecast Demand and Automate Purchasing with ML // Habr / OzonTech. - 2018. URL: https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/431950/ (date of access: 12.04.2026).

5. Kim S. From Product to Offer: How Ozon Considers Price and Delivery in Ranking // Habr / OzonTech. - 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/ozontech/articles/995840/ (date of access: 12.04.2026).

6. Competition, Analytics, AI: How to Survive on Marketplaces in 2025 // RBC. — 2025. URL: https://www.rbc.ru/radio/01/10/2025/68dce8479a7947516715a1a5 (accessed: 12.04.2026).

7. New algorithms of VB and Ozon: how to bring cards to the TOP in 2026 // VC.ru. — 2025. URL: https://vc.ru/id5557651/2655742-algoritmy-vb-i-ozona-2026-kak-vyvesti-tovary-v-top-marketpleysov (accessed: 12.04.2026).

8. AI in logistics: create a new level of supply chains with artificial intelligence // Ecommerce Fastlane. — 2025. URL: https://ecommercefastlane.com/ru/ai-in-logistics-build-next-level-supply-chains-with-artificial-intelligence-examples/ (date of access: 12.04.2026).

9. Why no company can repeat Amazon's steps in the field of AI commerce // Gate.com. — 2026. URL: https://www.gate.com/ru/post/status/20075197 (date of access: 12.04.2026).

10. Marketplaces in the Age of AI, Take Two: Graveyard to Greenfield // Andreessen Horowitz. — 2025. URL: https://a16z.com/marketplaces-in-the-age-of-ai-take-two-graveyard-to-greenfield/ (date of access: 12.04.2026).

11. AI in Commerce: Where the Real Moats Get Built // Blume.vc. — 2026. URL: https://blume.vc/commentaries/ai-in-commerce-where-the-real-moats-get-built (accessed: 12.04.2026).

12. Automating User Data Analysis with MLOps // RedLab. — 2025. URL: https://redlab.dev (accessed: 12.04.2026).

13. How We're Building the Analytics Team at Magnit Market // Habr. — 2024. URL: https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/823268/ (accessed: 12.04.2026).

14. Data & Analytics // Lamoda Tech. URL: https://latech.ru/data (accessed: 12.04.2026).

Модель оптимизации товаропотоков и документооборота на объектах таможенной инфраструктуры на основе технологии цифрового двойника

Кустов Николай Эдуардович
аспирант, Российская таможенная академия, nee.kustov@mail.ru

В статье рассматривается модель оптимизации товаропотоков и документооборота на объектах таможенной инфраструктуры Российской Федерации на основе технологии цифрового двойника. Проанализированы изменения внешнеторговых потоков и цифровизации Федеральной таможенной службы в 2023–2025 гг., выявлены основные проблемы существующей системы управления товаропотоками и документооборотом. Предложена трехуровневая модель применения цифрового двойника участника ВЭД и грузового транспортного средства, позволяющая автоматизировать контроль, повысить точность оценки рисков и сократить время прохождения таможенных процедур. Рассмотрены преимущества интеграции искусственного интеллекта, интеллектуальных пунктов пропуска и цифровых профилей участников ВЭД. Сделан вывод о перспективности внедрения цифровых двойников для повышения эффективности таможенной инфраструктуры и сокращения нагрузки на таможенные органы.

Ключевые слова: цифровой двойник, таможенная инфраструктура, товаропотоки, документооборот, Федеральная таможенная служба.

В 2023 – 2025 годах внешнеторговые потоки и направления ВЭД Российской Федерации в целом пережили значительное изменение. В рамках данной «перестройки» значительно увеличилась нагрузка на всю таможенную инфраструктуру РФ. Вместе с этим происходили процессы по цифровизации института Федеральной таможенной службы. Например, только на направление «информационные технологии» в 2024 году было выделено более 5 миллиардов рублей. А 2026 году планируется увеличить показатель вложений в эту область еще на 59%. Однако, несмотря на такие вложения и плановое их увеличение, статистические результаты автоматизации указывают на достижение ее возможного предела в технологическом плане. В связи с этим, необходимо искать дополнительные способы оптимизировать основные процессы таможенных органов в России, в особенности управления товаропотоками и документооборотом. –

В первую очередь, предлагается проанализировать актуальную ситуацию с эффективностью управлением товаропотоком и документооборотом в таможенных органах РФ за 2023 – 2025 годы. Все использованные данные были получены из официальной отчетности Федеральной таможенной службы за указанный период. Динамика представлена на таблице ниже:

Таблица 1
Основные показатели эффективности управления товаропотоками и документооборотом в ФТС России за 2023–2025 гг.

Показатель	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Внешнеторговый оборот и нагрузка	Рост товарооборота в условиях санкций, высокая волатильность маршрутов.	Рост товарооборота на 2%, выполнение плана по бюджетным отчислениям на >99%.	Плановые отчисления в бюджет – >8 трлн руб.; кратный рост трансграничной коммерции.
Архитектура ИТ-систем (ЕАИС ТО)	Эксплуатация 37 разрозненных комплексов программных средств (КПС) без сквозной прослеживаемости.	Завершение первого этапа Стратегии-2030, осознание невозможности дальнейшего развития без реинжиниринга.	Старт проектирования ЕАИС ТО 2.0 с микросервисной архитектурой. Уровень импортозамещения ПО – 38%.
Время контроля на границе	Значительное, зависит от человеческого фактора и типа пункта пропуска.	Частичная автоматизация, но сохраняется потребность в визуальном контроле и ручной сверке.	Целевой ориентир: досмотр грузовика не более 10 минут (поручение Президента).
Система управления рисками	Декларативный принцип, два контура контроля (до и после выпуска).	Начало внедрения модели единого контроля «до и после выпуска» с элементами обратной связи.	Полноценное использование технологии цифровых двойников для выбора объектов постконтроля.
Диспетчеризация деклараций	Привязка к конкретным ЦЭДам, возможны перегрузки постов и пиковые задержки.	Разработка нормативной базы для межпостовой автоматической диспетчеризации.	С 01.12.2025 – межпостовая, с 01.03.2026 – автоматическая диспетчеризация между всеми ЦЭДами РФ.
Прослеживаемость товаров (ЕАЭС)	Бумажный и электронный документооборот, сложности с верификацией на границе.	Утверждение модели Интеллектуального пункта пропуска (ИПП). Запуск пилотного ИПП (МАПП Тагиркент-Казмаляр).	С 1 июля 2026 года – полный запуск Национальной системы прослеживаемости с жестким контролем цифровых ID на товары.
Качество данных	Лишние данные в декларациях, разные форматы, ошибки ручного ввода.	Осознание проблемы, запуск пилотов ИИ по автоматическому извлечению данных из деклараций (ФНС или МГТУ им. Баумана). Точность извлечения – до 99.6%.	Планируется масштабирование ИИ-моделей для анализа всех товарных потоков. Рост эффективности анализа ожидается на 70%.

Таким образом, по представленным изменениям в течение 2023 – 2025 гг. в товаропотоке и документообороте ФТС России и ЕАЭС в целом можно сделать несколько выводов о текущей ситуации и требованиях к будущим периодам:

Во-первых, по внешнеторговому обороту и нагрузки на инфраструктуру ТО в России следует отметить необходимость оптимизации физической инфраструктуры. Это особенно важно в условиях увеличения объемов числа товарных партий. Ручная обработка осложнена и требует автоматизации.

Во-вторых, информационно-технологические системы, используемые в Федеральной таможенной службе, также вызывает опасения. В

частности, 37 КПС не позволяет собирать единый цифровой след товарной поставки.

В-третьих, было рассмотрено изменение по времени нахождения товара на таможенной границе с ЕАЭС и Россией, в частности. В целом, он находится на уровне более низком целевого. Требуется достичь сокращение время нахождения груза хотя бы до 10 минут и менее. Без технологии цифрового двойника это видится слабореализуемым [10, с. 56].

В-четвертых, положительными видятся изменения в системе управления рисками в ТО России. Произошло активное развитие циклического формата анализа цифрового следа участника внешнеэкономической деятельности уже к 2025 году. При этом ранее использовалась статическая оценка по отдельным поставкам груза, что было менее эффективно и гораздо дольше.

В-пятых, по диспетчеризации деклараций на товары динамика изменений положительная, однако имеет и слабые места. Например, система, которая реализуется с июля 2026 года, может решить проблему с более равномерным распределением нагрузки на инспекторов из разных таможенных органов. Однако это, как и много другое, требует получения данных заранее о сложности декларации, что может быть реализовано через технологию цифрового двойника и цифровой профиль в целом.

В-шестых, срочных изменений требует направление прослеживаемости товаров даже на уровне Евразийского экономического союза. На данный момент продолжает использовать ручная проверка QR-кодов товаров на границе Союза, что неприемлемо и неэффективно в эпоху полной цифровизации и ускорения всех процессов таможенного контроля. Таким образом, видится перспективность внедрения автоматической интеграции с цифровым двойником транспортного средства.

В-седьмых, в 2024 году началось значительное улучшение качества данных, получаемых и отправляемых ФТС. Важно заметить, что без автоматической очистки данных от лишних построение цифрового двойника участника во внешнеэкономической деятельности невозможно. От качества входных данных полностью зависит то, какие данные будут выходить в итоге.

Цифровой двойник в таможенном деле – это динамическая виртуальная модель (профиль) участника внешнеэкономической деятельности (ВЭД), которая позволяет с помощью методов математического анализа и машинного обучения оценивать и моделировать его поведение или развитие связанных с ним процессов. Цель – определить необходимость контрольных мероприятий, повысить точность и скорость выбора объектов контроля.

С 2025 года технология цифровых двойников активно применяется при выборе объектов постконтроля.

В 2026 году ФТС России начала формировать новую цифровую таможенную экосистему, включающую единую автоматизированную информационную систему таможенных органов второго поколения (ЕАИС ТО 2.0) и цифровые двойники участников ВЭД. Цель – создать единую цифровую среду, где каждый товар, поставка и действие участника оставляют «неустранимый след» [8].

Концепция «доверительного контроля», представленная ФТС России в 2026 году, предполагает использование технологии цифровых двойников для оценки добросовестности участников ВЭД и каждой отдельной товарной партии.

В таможенном контроле данная технология применяется в следующих основных направлениях:

Во-первых, для выбора объектов контроля после выпуска товаров. Цифровой двойник помогает определить, какие проверки необходимо провести, чтобы повысить результативность контроля и снизить нагрузку на добросовестных участников ВЭД.

Во-вторых, для сопоставления со схемами уклонения от уплаты таможенных платежей. Система анализирует внешнеэкономическую и финансово-хозяйственную деятельность участника ВЭД и сравнивает её с известными моделями нарушений.

В-третьих, с целью создания дополнительной защиты. Цифровой двойник выявляет потенциально рискованные ситуации, которые не всегда способна обнаружить традиционная система управления рисками (СУР).

Таким образом, технология цифрового двойника может в значительной мере способствовать оптимизации товаропотока и документооборота в таможенных органах Российской Федерации. Реализовать это предлагается через специальную модель. Она подразделяется на несколько структурных компонентов – уровней формирования модели, а именно:

1. Уровень формирования первичного цифрового следа участника ВЭД. На данном этапе грузовое ТС прибывает в зону таможенного контроля на границе с ЕАЭС. Камеры с помощью технологии искусственного интеллекта автоматически определяют государственные номера машины, номер контейнера. Иначе говоря, проводят идентификацию. Далее данные показатели будут привязаны к цифровому двойнику ТС и участнику ВЭД. Транспортное средство проходит рамку ИДК без отдельной остановки. В процессе с помощью нейросети создается трехмерная модель содержимого в грузовом ТС, товарные партии классифицируются, в процессе чего можно определить расхождения или незаявленные предметы. Далее весогабаритный комплекс ТО определяет реальную массу, а радиационный контроль – определяет фоновое излучение от товара. Данные проверок в реальном времени направляют в цифровой двойник и привязываются к единому ID данной товарной поставки. Декларант не заполняет декларацию на товары вручную. Для этого он использует единое окно, загружает такие документы, как контракт, упаковочные листы и некоторое другое.

2. Уровень обработки и управления товарооборотом. На данном уровне полученные системой данные сверяются с эталонными, которые созданы в рамках цифрового двойника участника ВЭД. Оцениваются документы, вес, маршрут и некоторое другое. Далее искусственный интеллект определяет рейтинг добросовестности поставки по соотношению реальных и смоделированных данных. Далее нейросеть самостоятельно выбирает один из вариантов дальнейшего сценария с поставкой, например, запрос дополнительных документов, досмотр или выпуск [3, с. 35].

3. Уровень постконтроля. На этом этапе участник ВЭД получает свой статус поставки и прогноз выпуска. Товар выпускается автоматически под ЭЦП системы. Результаты постконтроля по каждой поставке товаров меняют общий рейтинг участника ВЭД.

Цифровой двойник предлагается использовать для оптимизации механизма документооборота в системе ФТС:

Во-первых, проверка при использовании цифрового двойника будет происходить непрерывно в процессе заполнения финальной декларации в разделе «Личный кабинет». При этом ИИ-алгоритмы могут подсказывать участнику ВЭД следующее:

– корректные коды по ТН ВЭД для поставки декларанта;

– нарушения и аномалии в ценах, например, в таможенной стоимости;

– точность и соответствие контрактным условиям декларанта.

Во-вторых, цифровой двойник в момент своего создания добавляет разрешения, лицензии и сертификаты из других онлайн-порталов и реестров. Это позволяет сократить время таможенного инспектора, которое он тратит на ручной поиск таких данных и их проверку.

В-третьих, преимущества в плане простоты документооборота при использовании цифрового двойника видятся для добросовестных участников ВЭД с низким уровнем риска. Так, выпуск поставки возможен на основе краткого электронного уведомления с электронной подписью вместо полной декларации на товары, как при обычном механизме. Полный пакет документов на постоянной основе будет храниться в цифровом личном профиле декларанта [5].

Также модель предполагает преимущества для управления товаропотоками в рамках деятельности ФТС России. В первую очередь, они связаны с синхронизацией работы ИПП и цифровых профилей грузовых транспортных средств. Конкретно можно выделить следующие преимущества:

Во-первых, цифровые двойники грузовых транспортных средств, которые приближаются к пункту пропуска, могут позволить диспетчерам спрогнозировать загрузку на несколько часов вперед. Это подходит для того, чтобы заранее открывать соответствующее число дорожных полос, подготавливать необходимое оборудование, привлекать нужное количество персонала ТО и иначе готовиться к пиковой загруженности.

Во-вторых, грузовое транспортное средство, если его цифровой двойник не определил ни одного риска, получает разрешение на прохождение таможенной границы вообще без остановок, но только по выделенной полосе. В таком случае, можно предположить, что время въезда-выезда будет приближенно к целевым 10 минутам. При этом большая часть 10 минут приходится именно на физическое прохождение ИДК.

В-третьих, в случае, когда система выявила риск, инспектор должен получить задание на проверку на специальный планшет с точными указаниями, например, «вскрыть контейнер под номером #####, проверить конкретный артикул, сверить маркировку» и так далее. Таким образом, у инспектора будет сразу понимание, на что конкретно обратить внимание в первую очередь [7].

Для разработанной модели использования технологии цифрового двойника с целью оптимизации товаропотока и документооборота в ФТС России можно рассчитать эффективность. Для этого предлагается использовать соотношение времени, необходимое на обработку одной товарной партии, на загрузку личного состава. Общей целью является

сокращение времени прохождения таможенной границы при обеспечении заданного уровня риска. Предлагается следующая формула:

$$T = T_{doc} + T_{phys} + T_{risk},$$

где T_{doc} – это время, необходимое для анализа документов. В случае с использованием цифрового двойника показатель будет равен 0 сек., так как процесс происходит автоматически еще до прибытия груза. В этом заключается главное численное преимущество применения данной технологии;

T_{phys} – время, необходимое для физического досмотра партии;

T_{risk} – время реакции на инциденты, например, на выявленный ИИ-системой риск [1, с. 20].

Таким образом, основное преимущество модели оптимизации товаропотока и документооборота с применением цифрового двойника – это самообучаемость и замкнутость такой модели, так как она основана на искусственном интеллекте. Так, данные, полученные в следствие постконтрольных действий, направляются обратно для динамической оценки рисков (найдено или не найдено нарушение). В случае, когда СУР ошибочно относит недобросовестного участника к добросовестным, его рейтинг будет понижен, а ИИ-алгоритмы смогут дообучиться на этом примере ошибки.

Литература

1. Бауэр В.П., Смирнов А.В. Цифровая трансформация таможенного администрирования в условиях развития искусственного интеллекта // Вестник Российской таможенной академии. 2025. № 4. С. 18–27.
2. Дорожкина Т.В., Кузнецова А.А., Татарченко К.Р. О развитии таможенных органов в аспекте реализации нацпроекта «Цифровая экономика» // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. № 10. С. 28–30.
3. Мешечкина Р.П., Ворона А.А., Воронова О.Н. Совершенствование таможенного контроля после выпуска товаров на основе цифровых технологий // Вестник Российской таможенной академии. 2022. № 3. С. 34–44.
4. Михайлов В.С. Развитие цифровых инструментов реализации принципа выборочности как перспективное направление таможенного контроля после выпуска товаров // Символ науки. 2025. С. 135–138.
5. О Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 23.05.2020 № 1388-р // Собрание законодательства РФ. 2020. № 22. Ст. 3572.
6. О технологии «цифрового двойника» [электронный ресурс]. - Сайт группы компаний ИТБ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: // https://itbrk.com/stati/o-tekhnologii-tsifrovogo-dvojnika: (дата обращения: 15.05.2026).
7. Об утверждении перечня показателей результативности деятельности таможенных органов Российской Федерации: приказ Минфина России от 18.03.2024 № 24н. [Электронный ресурс]. Режим доступа: // https://www.alta.ru/tamdoc/24c00024/ (дата обращения: 15.05.2026).
8. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза: приложение № 1 к Договору о Таможенном кодексе ЕАЭС от 11.04.2017 // Официальный сайт Евразийского экономического союза. [Электронный ресурс]. Режим доступа: // https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215315/ : (дата обращения: 15.05.2026).
9. Федеральная таможенная служба России. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации» за 2025 год. Москва: ФТС России, 2026.
10. Федеральная таможенная служба Российской Федерации. Итоги деятельности ФТС России в 2025 году и задачи на 2026 год. Москва: ФТС России, 2026. 164 с.

Model of optimization of goods flows and document flow at customs infrastructure facilities based on digital double technology

Kustov N.E.
Russian Customs Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article considers a model for optimizing commodity flows and document management at the facilities of the customs infrastructure of the Russian Federation based on digital twin technology. The changes in foreign trade flows and digitalization of the Federal Customs Service in 2023-2025 have been analyzed, and the main problems of the existing commodity flow and document management system have been identified. A three-level model of using a digital twin of a foreign economic activity participant and a cargo vehicle is proposed, which makes it possible to automate control, increase the accuracy of risk assessment and reduce the time required to complete customs procedures. The advantages of integrating artificial intelligence, intelligent checkpoints and digital profiles of participants in foreign economic activity are considered. It is concluded that the introduction of digital twins is promising to increase the efficiency of customs infrastructure and reduce the burden on customs authorities.

Keywords: digital twin, customs infrastructure, commodity flows, document management, Federal Customs Service.

References

1. Bauer V.P., Smirnov A.V. Digital transformation of customs administration in the context of artificial intelligence development // Bulletin of the Russian Customs Academy. 2025. No. 4. pp. 18-27.
2. Dorozhkina T.V., Kuznetsova A.A., Tatarchenko K.R. On the development of customs authorities in the aspect of the implementation of the national project "Digital Economy" // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. 2022. No. 10. pp. 28-30.
3. Meshechkina R.P., Voronova A.A., Voronova O.N. Improving customs control after the release of goods based on digital technologies // Bulletin of the Russian Customs Academy. 2022. No. 3. pp. 34-44.
4. Mikhailov V.S. The development of digital tools for implementing the principle of selectivity as a promising area of customs control after the release of goods // A symbol of science. 2025. pp. 135-138.
5. On the Development Strategy of the Customs Service of the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/23/2020 No. 1388-r // Collection of Legislation of the Russian Federation. 2020. No. 22, article 3572.
6. About the technology of the "digital twin" [electronic resource]. - The website of the ITB group of companies. [electronic resource]. Access mode: // https://itbrk.com/stati/o-tekhnologii-tsifrovogo-dvojnika (date of application: 05/15/2026).
7. On approval of the list of performance indicators of the Customs authorities of the Russian Federation: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 03/18/2024 No. 24n. [Electronic resource]. Access mode: // https://www.alta.ru/tamdoc/24c00024/ (date of access: 05/15/2026).
8. Customs Code of the Eurasian Economic Union: Appendix No. 1 to the Treaty on the Customs Code of the EAEU dated 11.04.2017 // Official website of the Eurasian Economic Union. [electronic resource]. Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215315/ // (date of access: 05/15/2026).
9. Federal Customs Service of Russia. The annual collection "Customs Service of the Russian Federation" for 2025. Moscow: FCS of Russia, 2026.
11. Federal Customs Service of the Russian Federation. The results of the activities of the Federal Customs Service of Russia in 2025 and the tasks for 2026. Moscow: FCS of Russia, 2026. 164 p.

Система показателей риск-ориентированной оценки эффективности НИОКР промышленного предприятия

Лубенец Михаил Вячеславович
аспирант, кафедра управления проектом, Государственный университет управления, lbz-misha@mail.ru

Сегодня обеспечение технологического суверенитета немыслимо без масштабных капиталовложений в НИОКР. Между тем, такие инвестиции органически сопряжены с достаточно острой неопределенностью. По существу, в профильной литературе наблюдается явная методологическая коллизия: естественное стремление менеджмента к строгой количественной оценке угроз регулярно «разбивается» об объективную невозможность применения классического статистического аппарата из-за уникальности каждой прорывной разработки и отсутствия исторической выборки. Возникает острый дефицит прикладных метрик. Цель исследования – представить структурированную, универсальную систему риск-ориентированной оценки эффективности инновационных проектов, которая способна надежно функционировать в условиях нехватки ретроспективных данных. Автор приходит к выводу, что преодолеть эту дистанцию между неопределенностью и инвестиционным решением позволяет гибридизация эвристических методов со строгим математическим алгоритмом. Использование сценарного моделирования (оптимистический, реалистический, пессимистический векторы) в синергии с системой весовых коэффициентов Фишберна нивелирует избыточную субъективность человеческих мнений. Авторский вклад проявляется в демонстрации целостного аналитического каркаса, который бесшовно трансформирует разрозненные качественные суждения кросс-функциональных экспертов в конкретный интегральный показатель. Изложенный материал будет полезен топ-менеджменту, членам инвестиционных комитетов реального сектора экономики.

Ключевые слова: интегральный показатель, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, промышленное предприятие, риск-менеджмент, сценарное моделирование, технологическая неопределенность, шкала Фишберна, экспертная оценка.

Введение

В современной глобальной экономике конкурентоспособность и долгосрочная устойчивость промышленного предприятия напрямую детерминируются его способностью к непрерывному созданию, инкубации, коммерциализации инноваций. По сути, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) выступают в роли фундаментального драйвера технологического суверенитета в условиях стремительно меняющейся макроэкономической конъюнктуры.

Обеспечение результативности таких изысканий становится не рядовой тактической, а стратегической задачей для топ-менеджмента корпоративного сектора. Между тем, любая инновационная деятельность органически сопряжена с исключительно высокой степенью неопределенности. Угрозы здесь носят многовекторный, сочетанный характер. Они охватывают множество аспектов (от сугубо финансовых и узкотехнологических уязвимостей до кадровых дефицитов, внешнеэкономических барьеров).

Опираясь на актуальные статистические метрики, разумно отметить устойчивую мировую тенденцию к наращиванию капиталовложений в наукоемкие сектора. Например, по данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), совокупные внутренние затраты на науку в странах-лидерах в 2024 г. преодолели знаковую отметку в 1 триллион долларов, при этом средняя наукоемкость по региону ОЭСР на протяжении длительного времени балансирует на уровне 2,7% ВВП [11].

В отличие от предыдущих подходов, которые фокусировались, в основном, на ретроспективном анализе устоявшихся процессов, специфика прорывных технологий исключает возможность применения классических статистических инструментов. Отсутствие релевантной исторической выборки делает расчет стандартного отклонения либо дисперсии малоинформативным. Как представляется, на фоне острого дефицита достоверной эмпирической базы наиболее рациональным выходом становится обращение к эвристическим, экспертным моделям. Методичная систематизация качественных суждений профильных специалистов позволяет сформировать вполне надежную базу для предиктивной аналитики. Видимо, создание архитектуры системного мониторинга способно решить дилемму избыточной рискованности начальных этапов жизненного цикла инноваций.

Материалы и методы

Формирование адекватной системы показателей риск-ориентированной оценки эффективности НИОКР требует опоры на репрезентативный массив современных научных публикаций, выбор которых продиктован необходимостью органичного синтеза макроэкономического анализа, математического моделирования, отраслевой специфики инновационного менеджмента. Изученный корпус литературы всесторонне охватывает эволюцию подходов к управлению проектной неопределенностью: от констатации глобальных статистических трендов развития науки [11] и специфики функционирования предприятий в условиях технологической изоляции (М.А. Шулимова, Р.М. Бирюков, Р.С.А. Маккаева [9]) до применения узкоспециализированных математических инструментов (А.В. Сигал [7]). В частности, А.М. Батьковский, М.А. Батьковский, Е.Ю. Хрусталев акцентируют внимание на алгоритмах оценки изысканий, концептуально стимулирующих диверсификацию производства [1]. А.В. Сартори предлагает модель бережливого НИОКР, опираясь на строгий контроль уровней технологической готовности [6]. Л.В. Зубова, Э.В. Коровин, Ю.А. Никитин фокусируются на категорировании уязвимостей в высокотехнологичных отраслях на примере ракетно-космической техники [2]. И это тесно перекликается с поиском интегрированных метрик в реалиях тотальной нестабильности, предложенным А.В. Коптеловой, А.И. Соболевым, С.К. Швец [3], а также с методологией непрерывного мониторинга наукоемких проектов, которая продемонстрирована А.Г. Энрике, А.А. Чурсиным, В.П. Кутаховым [10]. Базовые технико-экономические индикаторы рассматриваются в труде Л.А. Третьяковой, Н.И. Лавриковой, Н.А. Азаровой [8] и логично дополняются общими рекомендациями А.В. Красниковой, О.М. Фокиной по усовершенствованию риск-анализа [4]. Между тем, фундаментальной основой для выстраивания прикладной многоуровневой архитектуры в рамках исследования служит комплексная методика, описанная О.В. Кудряшовой, И.Б. Гусевой, К.В. Ковырзиной [5].

В ходе написания данной статьи использован гибридный методический инструментарий, «ядром» которого послужил сценарный подход в синергии с методом экспертных оценок. Обоснование такого выбора кроется в том, что при отсутствии релевантной исторической выборки по инновационным проектам эвристические суждения профильных специалистов остаются единственным надежным ресурсом для предиктивного моделирования.

Результаты и обсуждение

Формирование аналитического каркаса требует понимания природы неопределенности в инжиниринге. Инициативы в сфере высоких технологий отличаются от типовых программ модернизации оборудования ярко выраженной нелинейностью конечных результатов. В сопоставлении с более ранними подходами, где базовые финансовые метрики (чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности) полностью доминировали при отборе, современная парадигма диктует необходимость качественного анализа. Традиционные методы регулярно сталкиваются с барьером уникальности каждой новой разработки.

Для адекватного картирования угроз требуется планомерный переход к экспертным алгоритмам. Согласно исследованиям в области риск-менеджмента, оценочная методология должна прочно базироваться на ряде фундаментальных принципов. К ним относятся постулаты: достоверности, своевременности, информативности, унификации, ортогональности [2, 9, 10]. Последний принцип особенно значим. С опорой на него гарантируется взаимная независимость выбранных критериев; при этом полностью исключается эффект мультиколлинеарности при итоговом агрегировании. По существу, соблюдение этого правила предотвращает искажение суммарного веса отдельного фактора из-за математического дублирования переменных.

На основании указанного выше подчеркнем целесообразность многоуровневой декомпозиции рискового поля. Хаотичное смешивание разнородных факторов приводит к аналитическому параличу. Поэтому в рамках первого уровня предлагается агрегировать внутренние уязвимости, которые находятся в зоне прямого контроля менеджмента: финансовые, технологические, кадровые аспекты. Второй уровень, соответственно, должен включать экзогенные (внешние) силы: юридические барьеры, маркетинговые изменения, политическую нестабильность, экологические ограничения.

В целях структурирования представим базовую матрицу критериев в виде таблицы 1.

Таблица 1

Универсальная система показателей оценки рисков проектов НИОКР (составлено на основе [1, 3, 4, 6, 8])

Категория рисков	Уровень влияния	Ключевые показатели для экспертной оценки
Финансовые	I (внутренние)	1. Степень финансовой устойчивости компании-разработчика. 2. Уровень собственных затрат в бюджете проекта. 3. Ожидаемый горизонт окупаемости инвестиций.
Технологические		1. Удельная трудоемкость проектирования. 2. Уровень оснащенности испытательной техникой. 3. Степень готовности технологической документации.
Кадровые		1. Квалификационный уровень научного персонала. 2. Индекс текучести специалистов отдела. 3. Степень соответствия оплаты труда рыночной медиане.
Юридические	II (Внешние)	1. Вероятность нарушения патентной чистоты. 2. Риск несоблюдения контрагентами договорных норм. 3. Комплаенс с новыми отраслевыми стандартами.
Маркетинговые		1. Степень потенциальной наукоемкости продукта. 2. Объем прогнозируемого рыночного спроса. 3. Соотношение цены разработки к прайсу конкурентов.

Представленная таксономия помогает точечно идентифицировать «уязвимые зоны». Например, высокий индекс текучести специалистов напрямую угрожает потерей неявного (тацитного) знания, что критично для наукоемких изысканий. Впрочем, простая идентификация факторов не дает руководству возможности принимать взвешенные финансовые решения без их последующей строгой квантификации.

Сформированная база параметров требует перевода в числовой формат. Поскольку деструктивное влияние каждого элемента на итоговый успех неравнозначно, необходима корректная процедура назначения весов. В отличие от субъективного деления долей «на глаз», предлагается использовать строгий математический аппарат – систему весовых коэффициентов Фишберна [5, 7]. Данная алгоритмика позволяет трансформировать порядковые ранги, выставленные группой экспертов, в точные числовые метрики.

Предположим, комиссия проранжировала n параметров по убыванию их значимости. В таком случае система коэффициентов должна удовлетворять жесткому условию нормировки [5]:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{x_{ij}} = 1,$$

$a \geq 0$,

$$x_{\{ij\}} = \overline{\{1, n\}}$$

При этом вес конкретного показателя вычисляется по следующей формуле [5]:

$$a_{x_{ij}} = \frac{2(n - ij + 1)}{n(n + 1)}$$

где n – общее количество рассматриваемых критериев в локальной группе, а ij – порядковый номер (ранг) оцениваемого параметра в отсортированном списке.

По-видимому, применение данного математического правила существенно снижает уровень предвзятости, формализуя распределение предпочтений. Однако любая точечная экстраполяция в условиях неопределенности остается весьма хрупкой. Экспертному сознанию свойственны системные когнитивные искажения (к примеру, иллюзия контроля). Для купирования данного негативного эффекта целесообразно интегрировать в расчеты сценарный подход. Традиционно рассматриваются три базисных вектора развития. Так, при реалистическом прогнозе предполагается консолидация наиболее вероятных значений параметров в реалиях планового хода конструирования. Оптимистический вектор опирается на гипотезу о незначительном проявлении деструктивных сил. В основе пессимистического сценария лежит презумпция максимальной реализации негативных триггеров: срывов поставок, отказов оборудования, резких скачков инфляции и т. д.

Финальным аккордом процедуры служит вычисление обобщенной метрики – интегрального уровня ($Y_{ИНТЕГР}$.). Он определяется как средневзвешенная сумма экспертных баллов [5]:

$$Y_{\text{интегр } R_n} = \sum_{j=1}^{k} a_{x_{ij}R_n} * Y_{x_{ij}R_n}$$

где $a_{x_{ij}R_n}$ – фишберновский вес j-го показателя внутри n-го риска;

$Y_{x_{ij}R_n}$ – бальная экспертная оценка степени его проявления;

k – количество анализируемых метрик в конкретной подгруппе.

Вычисление проводится итеративно для каждого из заложенных сценариев.

Заключение

В рамках проведенного исследования сформирована универсальная система риск-ориентированной оценки НИОКР, в которой синтезируется многоуровневая классификация угроз с математическим аппаратом их агрегирования. Описанный алгоритм помогает рельефно идентифицировать уязвимые аспекты проектирования и количественно измерять их потенциал даже на фоне нехватки исторической статистики. Применение эвристического подхода, усиленного формулами Фишберна, действенно нивелирует избыточную субъективность мнений. В сопоставлении с более ранними, главным образом, описательными концепциями, рассмотренный инструментарий образует конкретный интегральный показатель, который легко интерпретируется менеджментом.

Между тем, для полноценного преодоления дистанции между сухой математической аналитикой и волевыми управленческими решениями требуется бесшовная интеграция модели в контур стратегического планирования. Как представляется, первоочередной мерой здесь должна стать цифровизация оценочной матрицы путем ее внедрения в корпоративные ERP-системы. По сути, отказ от ручного заполнения изолированных таблиц в пользу единого информационного пространства обеспечивает качественный переход к динамическому мониторингу. Автоматизация даст возможность в режиме реального времени пересчитывать скоринг при изменении базовых маркеров. Одновременно с этим, целесообразно формировать кросс-функциональные панели экспертов. Привлечение маркетологов, юристов, финансовых контролеров на ранних стадиях валидации заметно снизит вероятность запуска изначально убыточных инициатив, решая проблему узкопрофессиональной деформации.

Впрочем, не менее значимым шагом предстает нормативное закрепление регламентированных «стоп-триггеров». Разумно предположить, что автоматическая заморозка или аудит разработки при превышении

порога критического ущерба (например, 40% по пессимистическому сценарию) обеспечит строгую инвестиционную дисциплину и пресечет нерациональное расходование ресурсов.

Итак, структурированный контроль неопределенности выступает в качестве необходимого механизма, который требует от индустрии гармоничного сочетания инновационной смелости и деловой прагматичности.

Литература

1. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Хрусталев Е.Ю. Оценка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обеспечивающих диверсификацию производства // Russian Journal of Economics and Law. – 2021. – №. 1. – С. 31-42.
2. Зубова Л.В., Коровин Э.В., Никитин Ю.А. Методика категорирования потенциально опасных рисков системы технологического обеспечения разработки ракетно-космической техники // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2021. – №. 1. – С. 147-157.
3. Коптелова А.В., Соболев А.И., Швец С.К. Интегрированная метрика измерения рисков проектов НИОКР в условиях экономической неопределенности // π-Economy. – 2022. – Т. 15. – №. 3. – С. 81-96.
4. Красникова А.В., Фокина О.М. Совершенствование методов оценки рисков при реализации инновацонного проекта // Экономинфо. – 2023. – №. 1. – С. 57-65.
5. Кудряшова О.В., Гусева И.Б., Ковырзина К.В. Методика оценки рисков НИОКР на промышленных предприятиях // В мире научных открытий. – 2014. – №. 3-6. – С. 2324-2337.
6. Сартори А.В. Повышение результативности исследований: планирование по уровням готовности в бережливом НИОКР // Экономика науки. – 2022. – Т. 8. – №. 1. – С. 4-21.
7. Сигал А.В. Использование последовательностей Фишберна для адекватного моделирования по выборочным данным // Бизнес-информатика. – 2021. – Т. 15. – №. 4. – С. 50-60.
8. Третьякова Л.А., Лаврикова Н.И., Азарова Н.А. Особенности оценки инновационных рисков с позиции их технико-экономических индикаторов в отраслевых системах // Организатор производства. – 2023. – Т. 31. – №. 1. – С. 129-144.
9. Шулимова М.А., Бирюков Р.М., Маккаева Р.С.А. Оценка рисков инновационной деятельности промышленных предприятий в условиях технологической изоляции: теоретические аспекты // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2025. – №. 5 (175). – С. 27-37.
10. Энрике А.Г., Чурсин А.А., Кутахов В.П. Разработка методов оценки и мониторинга проектов наукоемких предприятий в условиях действия экономических рисков // Журнал прикладных исследований. – 2021. – Т. 3. – №. 1. – С. 39-47.
11. OECD overall R&D growth stable; government R&D budgets decline and reorient towards defence // URL: https://www.oecd.org/en/data/insights/statistical-releases/2026/03/oecd-overall-rd-growth-stable-government-rd-budgets-decline-and-reorient-towards-defence.html (дата обращения: 06.06.2026).

A System of Indicators for Risk-Oriented Assessment of R&D Efficiency at an Industrial Enterprise

Lubenets M.V.
State University of Management

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Today, ensuring technological sovereignty is unthinkable without large-scale investments in R&D. Meanwhile, such investments are organically associated with considerable uncertainty. In essence, there is an obvious methodological collision in the specialized literature: management's natural desire for a strict quantitative assessment of threats regularly "breaks" against the objective impossibility of applying classical statistical apparatus due to the uniqueness of each breakthrough development and the lack of historical data. There is an acute shortage of applied metrics. The aim of the study is to present a structured, universal system for risk-oriented assessment of the efficiency of innovation projects, capable of functioning reliably in conditions of insufficient retrospective data. The author concludes that the distance between uncertainty and investment decisions can be bridged by hybridizing heuristic methods with a rigorous mathematical algorithm. The use of scenario modeling (optimistic, realistic, pessimistic vectors) in synergy with the Fischburn weight coefficient system levels out the excessive subjectivity of human opinions. The author's contribution is manifested in demonstrating a holistic analytical framework that seamlessly transforms disparate qualitative judgments of cross-functional experts into a specific integral indicator. The presented material will be useful to top management and members of investment committees in the real sector of the economy.

Keywords: integral indicator, research and development, industrial enterprise, risk management, scenario modeling, technological uncertainty, Fischburn scale, expert assessment.

References

1. Batkovsky A.M., Batkovsky M.A., Khrustalev E.Yu. Evaluation of Research and Development Work Ensuring Production Diversification // Russian Journal of Economics and Law. – 2021. – No. 1. – P. 31-42.
2. Zubova L.V., Korovin E.V., Nikitin Yu.A. Methodology for Categorizing Potentially Dangerous Risks of the Technological Support System for the Development of Rocket and Space Technology // Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. – 2021. – No. 1. – P. 147-157.
3. Koptelova A.V., Sobolev A.I., Shvets S.K. Integrated Metric for Measuring R&D Project Risks Under Economic Uncertainty // π-Economy. – 2022. – Vol. 15. – No. 3. – P. 81-96.
4. Krasnikova A.V., Fokina O.M. Improving Methods for Assessing Risks in the Implementation of an Innovation Project // Econominfo. – 2023. – No. 1. – P. 57-65.
5. Kudryashova O.V., Guseva I.B., Kovyrzina K.V. Methodology for Assessing R&D Risks at Industrial Enterprises // In the World of Scientific Discoveries. – 2014. – No. 3-6. – P. 2324-2337.
6. Sartori A.V. Improving Research Performance: Planning by Readiness Levels in Lean R&D // Economics of Science. – 2022. – Vol. 8. – No. 1. – P. 4-21.
7. Sigal A.V. Using Fischburn Sequences for Adequate Modeling Based on Sample Data // Business Informatics. – 2021. – Vol. 15. – No. 4. – P. 50-60.
8. Tretyakova L.A., Lavrikova N.I., Azarova N.A. Features of Assessing Innovation Risks from the Perspective of Their Technical and Economic Indicators in Sectoral Systems // Organizer of Production. – 2023. – Vol. 31. – No. 1. – P. 129-144.
9. Shulimova M.A., Biryukov R.M., Makkaeva R.S.A. Risk Assessment of Innovation Activity of Industrial Enterprises in Conditions of Technological Isolation: Theoretical Aspects // Regional Problems of Economic Transformation. – 2025. – No. 5 (175). – P. 27-37.
10. Enrique A.G., Chursin A.A., Kutakhov V.P. Development of Methods for Assessing and Monitoring Projects of High-Tech Enterprises Under Economic Risks // Journal of Applied Research. – 2021. – Vol. 3. – No. 1. – P. 39-47.
11. OECD Overall R&D Growth Stable; Government R&D Budgets Decline and Reorient Towards Defence // URL: https://www.oecd.org/en/data/insights/statistical-releases/2026/03/oecd-overall-rd-growth-stable-government-rd-budgets-decline-and-reorient-towards-defence.html (accessed: 06.06.2026).

Первичный портрет участника как аналитико-расчётная основа дифференцированного управления адаптационным процессом человеческих ресурсов

Лукьянова Виктория Артуровна
аспирант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы, vsalihova14@mail.ru

Статья посвящена обоснованию первичного портрета участника как аналитико-расчётной основы управления адаптационным процессом человеческих ресурсов в организации. Рассматривается переход от универсальных адаптационных процедур к дифференцированному сопровождению, основанному на оценке готовности участника к самостоятельной деятельности, мотивационной устойчивости, степени включения в организационные и проектные процессы, а также адаптационных рисков.
Целью статьи является раскрытие методического подхода к формированию и актуализации первичного портрета, позволяющего обосновывать выбор адаптационного типа, модели управленческого воздействия и маршрута сопровождения. Теоретико-методологическую основу исследования составляют положения управления человеческими ресурсами, организационного поведения, адаптации персонала и ситуационного руководства.
В статье представлены формулы расчёта ключевых показателей первичного портрета, раскрыта логика формирования адаптационных типов и порядок актуализации данных на основе сопоставления самооценки участника и оценки руководителя. Обосновано, что первичный портрет может использоваться как инструмент повышения адресности адаптационного сопровождения и обоснованности управленческих решений.
Ключевые слова: управление человеческими ресурсами, адаптационный процесс, первичный портрет участника, адаптационный тип, алгоритм адаптации, ситуационное руководство, управленческое сопровождение, организационные и проектные процессы.

Введение

Ускорение организационных и проектных процессов усиливает требования к скорости включения человеческих ресурсов в деятельность организации. В проектной среде объектом адаптационного воздействия становится не только новый сотрудник, но и более широкий круг участников организационного взаимодействия: действующие работники, проектные координаторы, специалисты функциональных подразделений и иные лица, вовлекаемые в выполнение задач на разных условиях [1; 2; 3].

Универсальные адаптационные процедуры в таких условиях оказываются недостаточными, поскольку участники различаются по уровню профессиональной готовности, мотивационной устойчивости, глубине включения в процессы и выраженности адаптационных рисков. Один участник может быть профессионально компетентен, но недостаточно включён в коммуникацию; другой демонстрирует высокую мотивацию, но нуждается в структурировании задач и регулярной обратной связи [4; 5; 6].

В качестве аналитической основы дифференцированного управления в статье рассматривается первичный портрет участника адаптационного процесса. Его назначение состоит в том, чтобы перевести разрозненные характеристики участника в управленчески интерпретируемую форму, пригодную для определения адаптационного типа, выбора модели воздействия и последующей актуализации маршрута сопровождения.

Структура первичного портрета участника

Первичный портрет участника представляет собой совокупность взаимосвязанных параметров, отражающих положение участника в системе организационного и проектного взаимодействия. В отличие от формальной кадровой характеристики, он ориентирован не на фиксацию биографических сведений, а на оценку управленческого состояния участника: его готовности, мотивации, включённости и рисков.

Ключевыми параметрами первичного портрета выступают поколенческая принадлежность, уровень развития, мотивационные установки, степень включения в процессы и адаптационные риски. Поколенческая принадлежность используется как корректирующий фактор коммуникации и выбора цифровых инструментов, тогда как готовность, мотивационная устойчивость, включение и риски переводятся в расчётные показатели, необходимые для определения адаптационного типа [7; 8; 9].

Таблица 1
Структура первичного портрета участника адаптационного процесса

Параметр	Содержание параметра	Управленческая интерпретация
Поколенческая принадлежность	Особенности коммуникации, отношения к цифровым инструментам и ожиданий от взаимодействия	Уточнение каналов связи и формы обратной связи
Уровень развития	Соотношение профессиональной готовности, опыта и способности к самостоятельному выполнению задач	Выбор степени директивности и объёма контроля
Мотивационные установки	Устойчивость интереса к участию, ценностное отношение к задаче, готовность поддерживать результат	Подбор инструментов вовлечения и поддержки
Степень включения	Глубина участия в организационных и проектных процессах, регулярность коммуникации, значимость вклада	Определение плотности сопровождения и частоты контрольных точек
Адаптационные риски	Вероятность затруднений в понимании задач, соблюдении сроков, коммуникации и принятии требований	Профилактика сбоев и корректировка маршрута сопровождения

Источник: разработано автором на основе систематизации подходов к управлению человеческими ресурсами, организационному поведению и адаптации персонала [2; 5; 6].

Расчётная интерпретация параметров первичного портрета

Для практического применения первичного портрета его параметры должны быть представлены в сопоставимой количественной форме. В

настоящей статье используются четыре укрупнённых индекса: G – готовность к самостоятельной деятельности, M – мотивационная устойчивость, I – включение в организационные и проектные процессы, R – адаптационные риски. Значения этих индексов формируются не произвольно, а на основе шаблонных опросов, разработанных для сбора сопоставимых данных о состоянии участника адаптационного процесса.

В рамках первичной диагностики применяется универсальная шаблонная анкета оценки первичного портрета участника, которая может быть использована в организациях различного типа без привязки к конкретной отрасли или организационно-правовой форме. При необходимости анкета дополняется уточняющими блоками для отдельных категорий персонала, однако её базовая структура остаётся единой: она направлена на оценку готовности, мотивационной устойчивости, включения в процессы и адаптационных рисков участника.

Опрос имеет блочную структуру. Сначала фиксируются идентификационные сведения, категория участника, роль в организационном или проектном процессе и год рождения, на основании которого уточняется поколенческая принадлежность. Далее оценивается уровень развития участника, что позволяет качественно интерпретировать его состояние по логике D1–D4 и сопоставить профессиональную готовность, мотивацию, самостоятельность и потребность в управленческом сопровождении.

Расчётные значения G_1–G_3, M_1–M_3, I_1–I_3 и R_1–R_3 берутся из ответов на четыре содержательных блока опроса: «Готовность и самостоятельность», «Мотивационная устойчивость», «Включение в процессы» и «Адаптационные риски». В каждом блоке содержится по три вопроса, оцениваемых по десятибалльной шкале, где 1 означает минимальную выраженность признака, а 10 – максимальную. Каждый частный показатель представляет собой не экспертное допущение, а зафиксированный результат ответа участника на конкретный вопрос шаблонной анкеты.

Так, показатели G_1, G_2 и G_3 отражают уверенность выполнения задач без дополнительных разъяснений, способность ориентироваться в новых требованиях и самостоятельность принятия решений. Показатели M_1, M_2 и M_3 характеризуют понимание значимости задач, устойчивость интереса к участию и готовность принимать дополнительную ответственность. Показатели I_1, I_2 и I_3 фиксируют глубину вовлечённости, регулярность рабочей коммуникации и значимость вклада в общий результат. Показатели R_1, R_2 и R_3 отражают недостаток ясности задач, трудности соблюдения сроков и частоту коммуникационных затруднений. Далее эти частные оценки укрупняются в интегральные индексы, используемые для определения адаптационного типа.

Индекс готовности к самостоятельной деятельности определяется по формуле:

$$G = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{3}$$

где G – индекс готовности; G_1 – оценка уверенности выполнения задач без дополнительных разъяснений; G_2 – оценка способности ориентироваться в новых требованиях; G_3 – оценка самостоятельности принятия решений. Значения показателя: $G < 6{,}00$ – недостаточная готовность; $6{,}00 \le G < 8{,}40$ – достаточная готовность при потребности в структурировании; $G \ge 8{,}40$ – высокая готовность к автономному выполнению задач.

Пример расчёта: при оценках 8, 7 и 9 значение G составляет:

$$G = \frac{8 + 7 + 9}{3} = 8{,}0$$

Индекс мотивационной устойчивости рассчитывается следующим образом:

$$M = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{3}$$

где M – индекс мотивационной устойчивости; M_1 – оценка понимания значимости выполняемых задач; M_2 – оценка устойчивости интереса к участию; M_3 – оценка готовности брать дополнительную ответственность. Значения показателя: $M < 5{,}00$ – низкая мотивационная устойчивость; $5{,}00 \le M < 8{,}00$ – мотивация присутствует, но нуждается в поддержке; $M \ge 8{,}00$ – высокая мотивационная устойчивость.

Пример расчёта: при оценках 9, 6 и 7 значение M составляет:

$$M = \frac{9 + 6 + 7}{3} = 7{,}3$$

Индекс включения в организационные и проектные процессы определяется по формуле:

$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$ где I – индекс включения; I_1 – оценка глубины вовлечённости в текущие процессы; I_2 – оценка регулярности участия в рабочей коммуникации; I_3 – оценка значимости вклада для общего результата. Значения показателя: $I < 6{,}00$ – ограниченное включение; $6{,}00 \le I < 8{,}00$ – достаточное включение; $I \ge 8{,}00$ – глубокое и устойчивое включение.

Пример расчёта: при оценках 6, 7 и 5 значение I составляет:

$$I = \frac{6 + 7 + 5}{3} = 6{,}0$$

Индекс адаптационных рисков рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

где R – индекс адаптационных рисков; R_1 – оценка недостатка ясности в поставленных задачах; R_2 – оценка трудностей соблюдения сроков без напоминаний; R_3 – оценка частоты затруднений в коммуникации. Значения показателя: $R \le 4{,}00$ – низкие риски; $4{,}00 < R \le 6{,}00$ – допустимые риски при сопровождении; $R > 7{,}00$ – высокая выраженность рисков, требующая усиленного управленческого воздействия.

Пример расчёта: при оценках 4, 5 и 3 значение R составляет:

$$R = \frac{4 + 5 + 3}{3} = 4{,}0$$

Формирование адаптационных типов на основе расчётных показателей

Рассчитанные значения G, M, I и R позволяют перейти от описания отдельных параметров к определению адаптационного типа участника. Адаптационный тип является интегральной управленческой характеристикой: он показывает, какой формат сопровождения соответствует текущему состоянию участника. Определение типа осуществляется не по одному показателю, а по сочетанию индексов готовности, мотивационной устойчивости, включения и рисков.

Пороговые значения сформированы на основе десятибалльной шкалы и управленческой интерпретации каждого индекса. Положительные показатели G, M и I оцениваются в прямой логике: чем выше значение, тем устойчивее состояние участника. Индекс R интерпретируется в обратной логике: увеличение значения означает рост вероятности сбоев в коммуникации, сроках или понимании требований.

Таблица 2

Пороговые значения показателей для отнесения участника к адаптационному типу

Адаптационный тип	G	M	I	R	Управленческая интерпретация
Автономно-устойчивый	$G \ge 8{,}40$	$M \ge 8{,}00$	$I \ge 8{,}00$	$R \le 4{,}00$	Высокая готовность, устойчивая мотивация, глубокое включение, низкие риски
Структурно-сопровождаемый	$6{,}00 \le G < 8{,}40$	$M \ge 6{,}40$	$I \ge 6{,}00$	$R \le 6{,}00$	Достаточная готовность при потребности в структуре, обратной связи и координации
Адаптационно-рисковый	$G < 6{,}00$	–	–	$R > 7{,}00$	Недостаточная готовность и/или высокая выраженность адаптационных рисков
Автономно-неустойчивый	$G \ge 8{,}00$	$5{,}00 \le M < 8{,}00$	$I \ge 7{,}00$	$R \le 6{,}00$	Высокая готовность при нестабильной мотивационной устойчивости
Ограниченно-включённый	$G \ge 6{,}00$	–	$I < 6{,}00$	–	Достаточная готовность при ограниченной глубине включения в процессы

Источник: разработано автором на основе модели ситуационного руководства и методических положений по управлению адаптацией персонала [8; 10; 6].

В результате расчётная логика обеспечивает переход от диагностики к управленческому решению. Автономно-устойчивый тип предполагает делегирование и контроль по ключевым точкам; структурно-сопровождаемый – наставническое сопровождение; адаптационно-рисковый – директивное управление и частый контроль; автономно-неустойчивый – поддерживающее воздействие; ограниченно-включённый – комбинированный маршрут с акцентом на повышение связности коммуникации.

Актуализация первичного портрета участника

Первичный портрет не должен фиксировать участника в одной категории на весь период взаимодействия. В ходе выполнения проекта могут изменяться задачи, интенсивность коммуникации, мотивация, глубина включения и выраженность адаптационных рисков. Поэтому алгоритм предполагает повторную оценку первичного портрета и уточнение адаптационного типа на основе данных, полученных после фактического включения участника в проектную деятельность.

Для актуализации применяются два шаблонных опросных контура: анкета самооценки участника и экспертная анкета руководителя или координатора. Анкета самооценки фиксирует, как сам участник оценивает свою готовность, мотивационную устойчивость, включённость и риски

после начала взаимодействия. Экспертная анкета руководителя отражает управленческую оценку тех же параметров на основе наблюдаемого поведения, качества выполнения задач, соблюдения сроков и устойчивости коммуникации.

Результаты самооценки образуют показатели G^s, M^s, I^s и R^s, а результаты экспертной оценки – показатели G^r, M^r, I^r и R^r. Оба контура используют ту же десятибалльную шкалу и ту же блочную логику, что и первичная диагностика: готовность, мотивационная устойчивость, включение в процессы и адаптационные риски. Это делает первичную и повторную диагностику сопоставимыми и позволяет отслеживать не только исходное состояние участника, но и его динамику в ходе адаптационного сопровождения.

В весовой модели самооценке придаётся коэффициент 0,4, а оценке руководителя или координатора – 0,6. Такое соотношение сохраняет значение субъективного восприятия участника, но одновременно усиливает роль управленческого наблюдения, поскольку именно руководитель или координатор оценивает проявление параметров в реальном проектном взаимодействии. Интегральные показатели актуализации рассчитываются по формулам:

$$G_{int} = 0{,}4G_s + 0{,}6G_r$$
$$M_{int} = 0{,}4M_s + 0{,}6M_r$$
$$I_{int} = 0{,}4I_s + 0{,}6I_r$$
$$R_{int} = 0{,}4R_s + 0{,}6R_r$$

где G_{int}, M_{int}, I_{int}, R_{int} – актуализированные интегральные значения; индекс s обозначает самооценку участника, индекс r – оценку руководителя. Значения показателей интерпретируются по тем же порогам, которые используются при первичном определении адаптационного типа.

Для оценки согласованности двух контуров применяется индекс расхождения:

$$D = \frac{|\,G_s - G_r\,| + |\,M_s - M_r\,| + |\,I_s - I_r\,| + |\,R_s - R_r\,|}{4}$$

где D – средняя величина расхождения между самооценкой участника и оценкой руководителя. Значения D от 0 до 1 указывают на высокую согласованность; от 1 до 2 – на умеренное расхождение, требующее внимания; от 2 до 3 – на выраженное различие в интерпретации состояния участника; свыше 3 – на существенное несоответствие, требующее отдельного анализа причин.

Таблица 3
Пример актуализации первичного портрета участника

Показатель	Самооценка	Оценка руководителя	Формула	Интегральное значение	Управленческий вывод
Готовность (G)	8,50	7,00	0,4×8,50 + 0,6×7,00	7,60	Готовность остаётся высокой, но ниже самооценки участника
Мотивационная устойчивость (M)	8,00	5,50	0,4×8,00 + 0,6×5,50	6,50	Мотивация требует поддерживающего сопровождения
Включение (I)	8,00	6,50	0,4×8,00 + 0,6×6,50	7,10	Включение устойчивое, но не максимальное
Риски (R)	3,00	5,00	0,4×3,00 + 0,6×5,00	4,20	Риски оцениваются руководителем выше, чем участником
Индекс D	–	–	(1,50 + 2,50 + 1,50 + 2,00) / 4	1,875	Умеренное расхождение оценок
Итог	–	–	Соотнесение G_{int}, M_{int}, I_{int}, R_{int} с порогами	Автономно-неустойчивый тип	Целесообразен поддерживающий стиль воздействия S3

Источник: рассчитано автором на основе модели актуализации первичного портрета и подходов к организационной социализации персонала [8; 9; 11].

Практическое значение расчётной модели для организации

Расчётная модель первичного портрета позволяет руководителю или координатору заранее определить не только, кто нуждается в адаптационном сопровождении, но и какой формат сопровождения является достаточным. В организационных и проектных процессах это особенно важно, поскольку сбои нередко возникают не из-за низкой квалификации участника, а из-за различий в понимании сроков, каналов взаимодействия, объёма ответственности и критериев результата.

Применение формул G, M, I и R делает первичный портрет сопоставимым между участниками и проектными циклами. Пороговые значения позволяют обоснованно отнести участника к адаптационному типу, а формулы актуализации обеспечивают регулярную корректировку портрета на основе новой информации. За счёт этого адаптация перестаёт быть разовой процедурой и превращается в управляемый цикл: диагностика – расчёт – типологизация – маршрут сопровождения – актуализация.

Практическая ценность такого подхода состоит в снижении неопределённости управленческого решения. Руководитель получает не только качественное описание участника, но и расчётные ориентиры, позволяющие определить степень директивности, объём контроля, частоту обратной связи и необходимость поддерживающего сопровождения [12; 13; 14].

Заключение

Проведённый анализ показывает, что первичный портрет участника может использоваться как аналитико-расчётная основа дифференцированного управления адаптационным процессом человеческих ресурсов. Его структура объединяет качественные параметры участника и количественные индексы, позволяющие определить готовность к самостоятельной деятельности, мотивационную устойчивость, степень включения в процессы и выраженность адаптационных рисков.

Формулы расчёта индексов G, M, I и R обеспечивают переход от отдельных оценок к целостной интерпретации состояния участника. На основе пороговых значений формируются адаптационные типы, каждый из которых соотносится с определённой моделью управленческого воздействия и маршрутом сопровождения. Формулы актуализации первичного портрета позволяют уточнять тип участника в ходе проектного взаимодействия, сопоставляя самооценку с оценкой руководителя.

Таким образом, предложенная логика повышает обоснованность управленческого решения и создаёт основу для дальнейшей цифровизации диагностики, автоматизации расчёта адаптационных типов и мониторинга результативности адаптационного сопровождения в организациях с проектной формой деятельности.

Литература

1. Авду, А. Б. Понятие и виды адаптации персонала в организации / А. Б. Авду // Вестник науки. – 2024. – Т. 4, № 6. – С. 27–34.
2. Кибанов, А. Я. Основы управления персоналом: учебник / А. Я. Кибанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 440 с.
3. Управление персоналом организации: учебник / под ред. А. Я. Кибанова. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 672 с. – ISBN 978-5-9776-0554-0. М.: ИНФРА-М, 2023. – 672 с.
4. Лапшова, О. А. Управление человеческими ресурсами: учебник и практикум для вузов / под общ. ред. О. А. Лапшовой. – М.: Юрайт, 2024. – 406 с.
5. Латфуллин, Г. Р. Организационное поведение: учебник и практикум для вузов / под ред. Г. Р. Латфуллина, О. Н. Громовой, А. В. Райченко. – М.: Юрайт, 2024. – 291 с.
6. Robbins, S. P. Organizational Behavior / S. P. Robbins, T. A. Judge. – 19th ed. – Harlow: Pearson, 2024. – 736 P.
7. Литвинюк, А. А. Современные технологии управления персоналом: учебник / А. А. Литвинюк [и др.]; под общ. ред. А. А. Литвинюка. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 220 с.
8. Hersey, P. Management of Organizational Behavior: Leading Human Resources / P. Hersey, K. H. Blanchard, D. E. Johnson. – 10th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2013. – 360 P.
9. Saks, A. M. Getting newcomers engaged: the role of socialization tactics / A. M. Saks, J. A. Gruman // Journal of Managerial Psychology. – 2018. – № 3. – P. 190–204.
10. Pinco, O. The onboarding process: a review / O. Pinco, I. I. Salanță, I. N. Beleiu, E. L. Crișan // Vilakshan. – 2025. – № 1. – P. 2–13.
11. Scott, C. P. R. Onboarding during COVID-19: create structure, connect people, and continue adapting / C. P. R. Scott [et al.] // Organizational Dynamics. – 2022. – № 2.
12. Субботина, Т. Н. Инструменты адаптации персонала в условиях цифровой трансформации: обзор современных digital-решений / Т. Н. Субботина, М. А. Петешов // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2025. – № 6. – С. 217–223.
13. Bauer, T. N. Onboarding New Employees: Maximizing Success / T. N. Bauer. – Alexandria, VA: SHRM Foundation, 2010. – 52 p [Электронный ресурс]. – URL: https://penedulearning.com/wp-content/uploads/2019/05/Onboarding-New-Employees_Maximizing-Success.pdf (дата обращения: 04.05.2025).

14. Yu, Y. Large-scale analysis of new employee network dynamics / Y. Yu, L. Yang, S. Lindley, M. Wan // Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. – 2023.

15. Анисимов, А. Ю. Трансформация управления персоналом в условиях цифровой экономики: от административной функции к стратегическому партнерству / А. Ю. Анисимов, С. А. Алексахина, И. И. Молчанов, Р. Ю. Голиков // Лидерство и менеджмент. – 2025. – Т. 12, № 5. – С. 1131–1142. – DOI: 10.18334/lim.12.5.123164.

16. Барков, С. А. Организационное поведение: учебник и практикум для вузов / под ред. С. А. Баркова. – М.: Юрайт, 2024. – 453 с. – ISBN 978-5-534-00926-2 [Электронный ресурс]. – URL: https://urait.ru/bcode/536102 (дата обращения: 21.01.2025).

17. Гельманова, З. С. Современные стратегии онбординга: инновационные подходы к адаптации новых сотрудников / З. С. Гельманова, Ю. Н. Саульский, А. С. Петровская, А. В. Иванова // In The World Of Science and Education. – 2025. – № 15. – С. 70–78.

18. Гусейнова, Я. О. Современные методы адаптации персонала / Я. О. Гусейнова, А. А. Сытник // Вестник Национального института бизнеса. – 2025. – № 2. – С. 151–155.

19. Зинова, И. Ю. Управление адаптацией персонала в условиях цифровой трансформации бизнеса / И. Ю. Зинова, С. Н. Гагарина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2025. – № 4. – С. 170–175. – DOI: 10.24412/2411-0450-2025-4-170-175.

20. Управление человеческими ресурсами: стратегии и инновации: учебник и практикум для вузов / под ред. Н. А. Горелова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2025. – 309 с. – ISBN 978-5-534-16900-3 [Электронный ресурс]. – URL: https://urait.ru/bcode/561282 (дата обращения: 09.10.2025).

21. Фатеева, Н. Б. Совершенствование технологии первичной адаптации работника / Н. Б. Фатеева, Н. Н. Симачкова, Л. Н. Петрова, Н. Е. Стахеева [Электронный ресурс]. // Экономика и бизнес: теория и практика. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-pervichnoy-adaptatsii-rabotnika (дата обращения: 17.06.2025).

22. Хутова, Л. А. Инструменты адаптации персонала как фактор повышения эффективности деятельности организации / Л. А. Хутова, Э. Р. Гузуева, Б. Л. Исакова [Электронный ресурс]. // Экономика и предпринимательство. – URL: https://doi.org/10.34925/eip.2023.161.12.262 (дата обращения: 27.11.2025).

23. Frögéli, E. Effectiveness of formal onboarding for facilitating organizational socialization: a systematic review / E. Frögéli, E. Jenner, P. Gustavsson // Systematic Reviews. – 2023. – DOI: 10.1186/s13643-023-02194-x.

24. PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) and The Standard for Project Management. – 7th ed. – Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. – 274 P. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. – 274 с.

Participant's primary profile as an analytical and calculation basis for differentiated management of the human resource adaptation process

Lukianova V.A.
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

Abstract. The article substantiates the participant's primary profile as an analytical and calculation-based foundation for managing the human resource adaptation process in an organization. The transition from universal adaptation procedures to differentiated support is considered, based on the assessment of the participant's readiness for independent activity, motivational stability, degree of involvement in organizational and project processes, and adaptive risks.

The purpose of the article is to present a methodological approach to the formation and updating of the primary profile, which makes it possible to justify the choice of an adaptive type, a model of managerial influence, and a support route. The theoretical and methodological basis of the study includes human resource management, organizational behavior, personnel adaptation, and situational leadership.

The article presents formulas for calculating the key indicators of the primary profile, reveals the logic of forming adaptive types, and describes the procedure for updating data based on a comparison of the participant's self-assessment and the manager's assessment. It is substantiated that the primary profile can be used as a tool for increasing the targeting of adaptation support and the validity of managerial decisions.

Keywords: human resource management, adaptation process, primary profile, adaptive type, adaptation algorithm, situational leadership, managerial support, organizational and project processes.

References

1. Avdu, A. B. [Concept and Types of Personnel Adaptation in an Organization] / A. B. Avdu // Vestnik nauki. – 2024. – T. 4, № 6. – S. 27–34 (In Russian).
2. Kibanov, A. Ya. [Fundamentals of Personnel Management: Textbook] / A. Ya. Kibanov. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: INFRA-M, 2019. – 440 s (In Russian).
3. [Personnel Management in Organizations: Textbook] / pod red. A. Ya. Kibanova. – M.: INFRA-M, 2023. – 672 s. – ISBN 978-5-9776-0554-0. M.: INFRA-M, 2023. – 672 s (In Russian).
4. Lapshova, O. A. [Human Resource Management: Textbook and Practical Guide for Universities] / pod obshch. red. O. A. Lapshovoj. – M.: Yurajt, 2024. – 406 s (In Russian).
5. Latfullin, G. R. [Organizational Behavior: Textbook and Practical Guide for Universities] / pod red. G. R. Latfullina, O. N. Gromovoj, A. V. Rajchenko. – M.: Yurajt, 2024. – 291 s (In Russian).
6. Robbins, S. P. Organizational Behavior / S. P. Robbins, T. A. Judge. – 19th ed. – Harlow: Pearson, 2024. – 736 P.
7. Litvinyuk, A. A. [Modern Technologies of Personnel Management: Textbook] / A. A. Litvinyuk [i dr.]; pod obshch. red. A. A. Litvinyuka. – M.: INFRA-M, 2023. – 220 s (In Russian).
8. Hersey, P. Management of Organizational Behavior: Leading Human Resources / P. Hersey, K. H. Blanchard, D. E. Johnson. – 10th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2013. – 360 P.
9. Saks, A. M. Getting newcomers engaged: the role of socialization tactics / A. M. Saks, J. A. Gruman // Journal of Managerial Psychology. – 2018. – № 3. – P. 190–204.
10. Pinco, O. The onboarding process: a review / O. Pinco, I. I. Salanță, I. N. Beleiu, E. L. Crișan // Vilakshan. – 2025. – № 1. – P. 2–13.
11. Scott, C. P. R. Onboarding during COVID-19: create structure, connect people, and continue adapting / C. P. R. Scott [et al.] // Organizational Dynamics. – 2022. – № 2.
12. Subbotina, T. N. [Tools for Personnel Adaptation in the Context of Digital Transformation: A Review of Modern Digital Solutions] / T. N. Subbotina, M. A. Peteshov // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. – 2025. – № 6. – S. 217–223 (In Russian).
13. Bauer, T. N. Onboarding New Employees: Maximizing Success / T. N. Bauer. – Alexandria, VA: SHRM Foundation, 2010. – 52 p [Электронный ресурс]. – URL: https://penedulearning.com/wp-content/uploads/2019/05/Onboarding-New-Employees_Maximizing-Success.pdf (дата обращения: 04.05.2025).
14. Yu, Y. Large-scale analysis of new employee network dynamics / Y. Yu, L. Yang, S. Lindley, M. Wan // Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. – 2023.
15. Anisimov, A. Yu. [Transformation of Personnel Management in the Digital Economy: From Administrative Function to Strategic Partnership] / A. Yu. Anisimov, S. A. Aleksakhina, I. I. Molchanov, R. Yu. Golikov // Liderstvo i menedzhment. – 2025. – T. 12, № 5. – S. 1131–1142. – DOI: 10.18334/lim.12.5.123164 (In Russian).
16. Barkov, S. A. [Organizational Behavior: Textbook and Practical Guide for Universities] / pod red. S. A. Barkova. – M.: Yurajt, 2024. – 453 s. – ISBN 978-5-534-00926-2 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://urait.ru/bcode/536102 (data obrashcheniya: 21.01.2025) (In Russian).
17. Gel'manova, Z. S. [Modern Onboarding Strategies: Innovative Approaches to New Employee Adaptation] / Z. S. Gel'manova, Yu. N. Saul'skij, A. S. Petrovskaya, A. V. Ivanova // In The World Of Science and Education. – 2025. – № 15. – S. 70–78 (In Russian).
18. Gusejnova, Ya. O. [Modern Methods of Personnel Adaptation] / Ya. O. Gusejnova, A. A. Sytnik // Vestnik Natsional'nogo instituta biznesa. – 2025. – № 2. – S. 151–155 (In Russian).
19. Zinova, I. Yu. [Management of Personnel Adaptation in the Context of Digital Transformation of Business] / I. Yu. Zinova, S. N. Gagarina // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. – 2025. – № 4. – S. 170–175. – DOI: 10.24412/2411-0450-2025-4-170-175 (In Russian).
20. [Human Resource Management: Strategies and Innovation: Textbook and Practical Guide for Universities] / pod red. N. A. Gorelova. – 2-e izd., ispr. i dop. – M.: Yurajt, 2025. – 309 s. – ISBN 978-5-534-16900-3 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://urait.ru/bcode/561282 (data obrashcheniya: 09.10.2025) (In Russian).
21. Fateeva, N. B. [Improvement of Primary Employee Adaptation Technology] / N. B. Fateeva, N. N. Simachkova, L. N. Petrova, N. E. Stakheeva [Elektronnyj resurs]. // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-pervichnoy-adaptatsii-rabotnika (data obrashcheniya: 17.06.2025) (In Russian).
22. Khutova, L. A. [Personnel Adaptation Tools as a Factor in Improving Organizational Effectiveness] / L. A. Khutova, E. R. Guzueva, B. L. Isakova [Elektronnyj resurs]. // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – URL: https://doi.org/10.34925/eip.2023.161.12.262 (data obrashcheniya: 27.11.2025) (In Russian).
23. Frögéli, E. Effectiveness of formal onboarding for facilitating organizational socialization: a systematic review / E. Frögéli, E. Jenner, P. Gustavsson // Systematic Reviews. – 2023. – DOI: 10.1186/s13643-023-02194-x.
24. PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) and The Standard for Project Management. – 7th ed. – Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. – 274 P. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. – 274 c.

Исследование механизмов реализации стратегической концепции управления техническим состоянием активов в транспортном и логистическом секторах

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru

Настоящая работа посвящена исследованию механизмов реализации стратегической концепции управления техническим состоянием активов в транспортном и логистическом секторах. Одна из основных проблем в логистике является обеспечение бесперебойной работы технических средств. В случае выхода из строя оборудования бизнес несет финансовые потери из-за простоев, нарушения сроков доставки и экстренных затрат на логистику запчастей. Для решения указанной задачи может быть полезна проактивная стратегическая концепция управления техническим состоянием активов, которая базируются на использовании современных информационных технологий и интеллектуальных баз данных. В работе описан превентивный мэйнтенанс, определены виды и цели реализации. Приведен математический подход надежности, указаны преимущества и недостатки. Рассмотрены системы управления базами данных для превентивного мэйнтенанса. Дана экономическая эффективность и расчет окупаемости.

Ключевые слова: логистика, транспорт, превентивный мэйнтенанс, надежность, риск, устойчивость, эффективность.

Введение

В современных условиях глобализации и стремительного роста объемов грузоперевозок транспортно-логистическая отрасль сталкивается с беспрецедентными вызовами [1]. Цифровая трансформация становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием выживания [2]. Эффективное управление парком транспортных средств и складским оборудованием требует внедрения высокотехнологичных решений, способных обрабатывать огромные массивы данных в режиме реального времени [3].

Одна из основных проблем в логистике является обеспечение бесперебойной работы технических средств [4]. В случае выхода из строя оборудования бизнес несет финансовые потери из-за простоев, нарушения сроков доставки и экстренных затрат на логистику запчастей [5]. Для решения указанной задачи может быть полезна проактивная стратегическая концепция управления техническим состоянием активов, которая базируются на использовании современных информационных технологий и интеллектуальных баз данных [6].

Поэтому интерес представляет исследование данной стратегии для транспортной и логистической области. Интеграция в эти области интернет вещей (IoT) – приборов и комплексов, реляционных и нереляционных баз данных, а также алгоритмов анализа данных позволит минимизировать риски внезапных отказов и оптимизировать операционные расходы компании.

Цель работы – изучить механизмы реализации стратегической концепции управления техническим состоянием активов на транспорте и в логистике.

Постановка задачи

Описать превентивный мэйнтенанс, определить виды и цели реализации. Привести математический подход надежности, указать преимущества и недостатки. Рассмотреть системы управления базами данных для превентивного мэйнтенанса. Дать экономическую эффективность и расчет окупаемости.

Описание превентивного мэйнтенанса

Превентивный мэйнтенанс (Preventive Maintenance) представляет собой проактивную стратегическую концепцию управления техническим состоянием активов. В отличие от реактивного подхода («ремонт по факту отказа»), превентивный мэйнтенанс базируется на принципе предупреждения устаревания оборудования до того, как оно приведет к функциональному сбою. В условиях 2026 года, когда логистические цепочки становятся все более хрупкими и зависимыми от автоматизации, превентивный мэйнтенанс превращается из вспомогательной функции в основной элемент риск- менеджмента. Современная классификация типов обслуживания включает в себя несколько уровней сложности, каждый из которых требует разной степени интеграции информационных технологий: регламентное обслуживание по времени; обслуживание по наработке; обслуживание по состоянию; превентивный мэйнтенанс.

Переход к превентивному обслуживанию в транспортно-логистическом секторе преследует следующие фундаментальные цели: минимизацию совокупной стоимости владения; обеспечение операционной надежности; гарантирование промышленной безопасности; соответствие ESG-стандартам.

В основе превентивного мэйнтенанса лежит математическая теория надежности, которая рассматривает безотказность технической системы как вероятностную величину. Основная задача информационной системы в данном контексте - переход от средних статистических показателей к индивидуальному расчету остаточного ресурса конкретной единицы техники.

Основным количественным показателем надежности является функция вероятности безотказной работы $R(t)$, которая определяет вероятность того, что в пределах заданного времени t или наработки (пробега) не возникнет отказа:

$$R(t) = P(T > t)$$

где T – случайная величина времени до наступления отказа. При экспоненциальном законе распределения, характерном для периода нормальной эксплуатации транспортных средств, формула принимает вид:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

где λ – интенсивность отказов, которая в традиционных моделях принимается за константу.

Однако использование современных баз данных позволяет динамически корректировать значение λ на основе условий эксплуатации (нагрузка, температурный режим, качество дорожного покрытия).

Математическая модель жизненного цикла узлов транспорта описывается классической кривой, состоящей из трех ключевых этапов:

– период приработки: высокая интенсивность отказов в начале эксплуатации из-за скрытых дефектов производства;

– период нормальной эксплуатации: характеризуется низким и стабильным уровнем случайных отказов. Именно, здесь метод превентивного мэйнтенанса дает максимальный эффект, поддерживая систему в рабочем состоянии;

– период износа: экспоненциальный рост вероятности отказа вследствие физического старения материалов.

Для оценки эффективности внедряемой информационной системы применяют показатель средней наработки на отказ (MTBF или же Mean Time Between Failures):

$$MTBF = \frac{\sum\left(T_{отказа} - T_{началараб.}\right)}{n}$$

где n - количество отказов.

Применение интеллектуальных алгоритмов позволяет достичь снижения времени неплановых простоев на 50%, что напрямую коррелирует с ростом MTBF и экономической эффективностью предприятия.

На рисунке 1 приведена зависимость интенсивности отказа (λ) от времени эксплуатации (*t*).

Переход к стратегии превентивного обслуживания в 2026 году рассматривается как фундаментальный элемент обеспечения устойчивости бизнеса. Однако внедрение таких систем сопряжено с рядом технологических и организационных барьеров.

Основным преимуществом превентивного мэйнтенанса является переход от управления кризисными ситуациями к управлению рисками. Использование баз данных позволяет сократить общие затраты на содержание парка на 40% и снизить время незапланированных простоев приблизительно на 50%. Ключевым недостатком остается высокая стоимость входа: затраты на датчики, облачные хранилища и обучение персонала могут быть значительными для малых и средних предприятий.

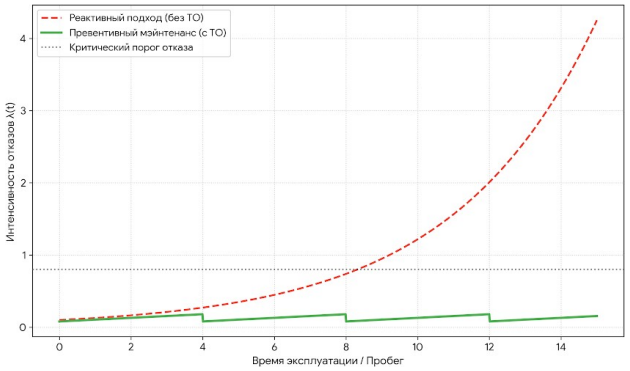


Рис. 1 Влияние превентивного мэйнтенанса на риск технического сбоя

Эффективность превентивного обслуживания варьируется в зависимости от операционной модели компании. В таблице 1 представлены специфические риски и преимущества для различных сегментов рынка.

Таблица 1
Преимущества и недостатки

Сегмент	Ключевые преимущества	Потенциальные риски и сложности
Магистральные перевозки	Снижение риска поломки в удаленных регионах; экономия топлива до 10– 15% за счет идеального состояния узлов.	Сложность передачи телеметрии в реальном времени при отсутствии стабильного покрытия сети на трассах.
Холодовая логистика	Гарантия сохранности скоропортящихся грузов; предотвращение отказа холодильных установок.	Необходимость установки высокочувствительных датчиков, работающих в условиях экстремальных температур.
Курьерская доставка	Максимизация коэффициента использования транспорта в пиковые часы; продление ресурса на 20%.	Высокая частота циклов «пуск-остановка» создает «шумы» в данных, усложняя предиктивный анализ.
Складская логистика	Исключение остановки автоматизированных линий; интеграция с WMS для автоматического заказа запчастей.	Высокая стоимость интеграции модулей превентивного мэйнтенанса в существующее проприетарное ПО робототехники.

Техническая реализация и примеры использования

В настоящее время реализация превентивного мэйнтенанса на транспорте невозможна без гибридной архитектуры, совмещающей реляционные и нереляционные баз данных. Реляционные базы данных используют для управления данными. В системах превентивного мэйнтенанса СУБД PostgreSQL используют для хранения структурированных данных с жесткими требованиями к целостности. Использование нормализованных схем позволяет выполнять сложные SQL-запросы для генерации отчетности о выполнении плановых показателей и прогнозирования бюджета на запасные части. Также используется база MongoDB для хранения неструктурированных данных. Эти данные критически важны для этапа обучения моделей машинного обучения. Именно в этих данных происходит тренировка нейронных сетей, которые впоследствии вычисляют коэффициенты устаревания узлов, используемые в аналитическом слое системы превентивного мэйнтенанса.

В современной складской логистике превентивный мэйнтенанс фокусируется на критических узлах автоматизированных систем хранения и поиска и высокоскоростных сортировочных линий. Отказ одного приводного двигателя может привести к каскадной остановке всего логистического хаба, что обуславливает необходимость внедрения многоуровневой архитектуры мониторинга. Обычно архитектура строится по принципу четырехслойной модели:

- сенсорный слой (пьезоэлектрические датчики вибрации и бесконтактные инфракрасные термометры, установленные на подшипниковых щитах двигателей);

- граничные вычисления (Контроллеры, осуществляющие первичную обработку высокочастотных сигналов для снижения нагрузки на каналы связи);

- слой хранения (Гибридное хранилище, где потоковые данные направляются в InfluxDB, а метаданные об оборудовании – в реляционную PostgreSQL);

- аналитический слой (программные комплексы, формирующие прогнозные отчеты и управляющие жизненным циклом активов (EAM)).

Экономический эффект

Снижение затрат на ремонт (на 40%) достигается не только за счет исключения дорогих аварийных узлов, но и благодаря оптимизации складских запасов запчастей. Система позволяет заказывать детали заранее по стандартным ценам, избегая наценок за срочность.

Сокращение простоев на 50% окажет прямое влияние на капитал и стабильность цепочек поставок. В логистике, где штрафы за задержку могут превышать стоимость самой перевозки, предотвращение поломки в пути становится критическим фактором прибыли. Наконец, продление жизненного цикла активов на 20 % позволит компании замедлить темпы обновления автопарка, что существенно улучшает показатели амортизации и общую капитализацию предприятия. На рисунке 2 показаны затраты.

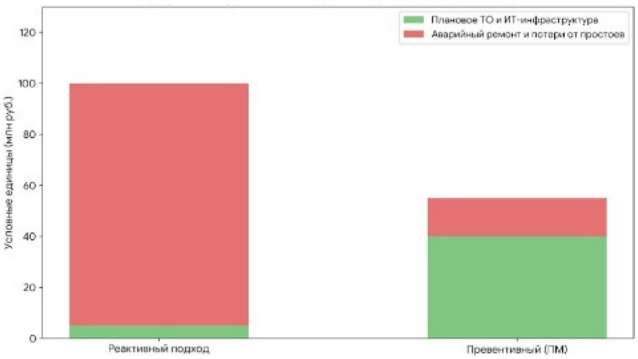


Рис. 2 Сравнение совокупных затрат при разных подходах

Для оценки эффективности проекта будет использована формула коэффициента возврата инвестиций:

Эффективность = (чистая прибыль – затраты / затарты) х 100 %

Рассмотрим типовой кейс логистической компании на 2026 год представленный таблицей 2:

Таблица 2

Параметр	Значение
Годовые затраты на ремонт без системы	20 000 000 руб.
Потери от простоев в год	15 000 000 руб.
Итого базовые расходы	35 000 000 руб.
Стоимость внедрения системы (Кап. расходы)	5 000 000 руб.
Годовое обслуживание системы (Оп. расходы)	1 000 000 руб.
Экономия (40% от ремонта + 50% от простоев)	15 500 000 руб.

Расчет для первого года:

Эффективность = (15 500 000 – 6 000 000 / 6 000 000) x 100 % = 158 %

В большинстве транспортных проектов срок окупаемости системы превентивного мэйнтенанса составляет от 6 до 10 месяцев, что делает проект высокоприоритетным для бизнеса.

На рисунке 3 показан прогноз.

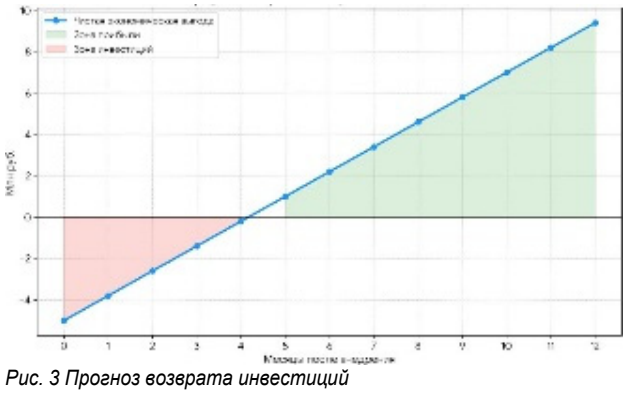


Рис. 3 Прогноз возврата инвестиций

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что цифровая трансформация транспортно-логистического сектора к 2026 году окончательно сместила парадигму управления активами от реактивного восстановления к интеллектуальному превентивному мэйнтенансу. На основе современных баз данных это перестало быть дорогостоящим экспериментом, превратившись в обязательный инструмент обеспечения операционной устойчивости логистических и транспортных систем.

Литература

1. Бабичев А. СУБД временных рядов в индустриальном интернете вещей // Habr. – 2025. – URL:https://habr.com/ru/articles/322034/ (дата обращения: 05.05.2026).
2. Ляпин А.Д. Сравнительный анализ алгоритмов SVM (Support Vector Machine) и RF (Random Forest) в задачах предиктивного обслуживания // Вестник науки. – 2025. – №6(87). – С.1816-1824.
3. Канаева И.А., Спицын В.Г. Применение методов машинного обучения в транспортных задачах // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2024. – №68. – С. 75-85.
4. Открытые данные о транспортных системах и телеметрии. – URL: https://dtp-stat.ru/opendata/ (дата обращения: 01.06.2026).
5. Global Predictive Maintenance Market Report 2026. Industry Analysis and Forecasts. – 2025 – URL:https://www.techsciresearch.com/report/global-predictive-maintenance-market/1328.html (дата обращения: 01.06.2026).
6. Ломакин Н. И., Кузьмина Т. И. и т.д. Иерархическая кластеризация и Deep Learning модель в условиях оценки рисков эксплуатации активов // Экономический журнал. – 2025. – Т.13. – №1. – С. 88-102.

Research of mechanisms for the implementation of the strategic concept of asset technical condition management in the transport and logistics sectors

Maiorov E. E.

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This paper is devoted to the study of the mechanisms of implementation of the strategic concept of asset condition management in the transport and logistics sectors. One of the main problems in logistics is to ensure the smooth operation of technical facilities. In the event of equipment failure, the business incurs financial losses due to downtime, delivery delays and emergency logistics costs for spare parts. To solve this problem, a proactive strategic concept for managing the technical condition of assets, which is based on the use of modern information technologies and intelligent databases, can be useful. The paper describes preventive maintenance, defines the types and goals of implementation. The mathematical approach of reliability is given, the advantages and disadvantages are indicated. Database management systems for preventive maintenance are considered. Econo mic efficiency and payback calculation are given.

Keywords: logistics, transport, preventive maintenance, reliability, risk, sustainability, efficiency.

References

1. Babichev A. DBMS of time series in the industrial Internet of the world // Habr. – 2025. – URL:https://habr.com/ru/articles/322034 / (data of access: 05.05.2026).
2. Lyapin A.D. Comparative analysis of SVM (Support Vector Machine) and RF (Random Forest) algorithms in predictive maintenance tasks // Bulletin of Science. – 2025. – №6(87). – C.1816-1824.
3. Kanaeva I.A., Spitsyn V.G. Application of machine learning methods in transport tasks // Bulletin of Tomsk State University. Management, computer engineering and computer science. – 2024. – No. 68. – pp. 75-85.
4. Open data on transport systems and telemetry. – URL: https://dtp-stat.ru/opendata / (date of access: 01.06.2026).
5. Global Predictive Maintenance Market Report 2026. Industry Analysis and Forecasts. – 2025 – URL:https://www.techsciresearch.com/report/global-predictive-maintenance-market/1328.html (date of access: 01.06.2026).
6. Lomakin N. I., Kuzmina T. I., etc. Hierarchical clustering and Deep Learning model in terms of asset exploitation risk assessment // Economic Journal. – 2025. – vol. 13. – No. 1. – pp. 88-102.

Использование цифровых двойников для повышения работоспособности логистических систем

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы использование цифровых двойников для повышения работоспособности логистических систем. Нарастающая нестабильность логистических систем сделала вопрос проактивного управления устойчивостью не академическим, а сугубо практическим. Традиционные инструменты с этой задачей не справляются — не потому что они плохи, а потому что создавались для другой среды. В работе проанализированы архитектура и методы моделирования гибридного цифрового двойника логистической системы. Проведен сравнительный анализ гибридного подхода с альтернативами по критериям, которые реально важны для управления устойчивостью. Выявлены чувствительные направления для гибридного двойника, такие как генерация с искусственным интеллектом, методология при коротких исторических рядах, а также стандартизация двойников разных участников цепочек.

Ключевые слова: цифровой двойник, гибридная модель, логистическая система, устойчивость цепочек поставок, машинное обучение, имитационное моделирование, управление рисками.

Введение

В течение последних пяти лет логистика столкнулась с определенными трудностями, такими как пандемия, санкции, которые повлияли на функционирование данной области [1]. Для бизнеса логистика была значимым инструментом, поставки осуществлялись вовремя, время транзита было минимальным, маршруты предельно загруженными, что позволило компаниям получать максимальную прибыль. На сегодняшний день геополитические кризисы, участившиеся климатические аномалии, закрытие Суэцкого канала и т.д. внесли свою лепту в оптимизацию логистических систем, где наблюдается потеря запаса прочности систем, различные сбои, которые вызывают каскадные эффекты, парализующие целые отрасли.

На российскую логистику эти внешние факторы существенно повлияли. Исследование ВШБ НИУ ВШЭ совместно с Координационным советом по логистике, охватившее 244 предприятия, зафиксировало: 81% компаний были вынуждены искать альтернативные маршруты при сохранении прежних поставщиков, а 83% занялись поиском принципиально новых партнёров и выстраиванием цепочек с нуля [2]. Цепочки, формировавшиеся годами, рассыпались за несколько недель. Ответом стала масштабная перестройка — через Турцию, Казахстан, МТК «Север — Юг». Но это реакция, а не стратегия. К моменту опроса около 80% респондентов сообщили, что в основном завершили перестройку цепочек поставок [2]. Однако решить задачу перестройки и выстроить по-настоящему устойчивую систему — не одно и то же. Как отмечают исследователи НИУ ВШЭ, наиболее неоднозначными с точки зрения долгосрочной устойчивости оказались именно меры по смене поставщиков технологий и реорганизации деятельности [3].

В российской логистике появились новые инструменты, не реагирующие на кризис, а предупреждающие его. Традиционные подходы: нормативные запасы, экспертные реестры угроз, планы реагирования в основном опираются на прошлый опыт. Способность к опережающему прогнозированию отличает по-настоящему устойчивую логистику от просто большой и дорогой [4].

Устойчивость в области поставок до сих пор активно развивается. Из научной литературы известно, что устойчивость системы определяется надежностью, гибкостью и адаптивностью [4]. С развитием цифровизации инструменты управления цепями поставок, включая потенциал двойников, рассматриваются как часть общей логики цифровой трансформации [5]. Существуют работы где сделаны попытки систематизации типологии двойников, а также находятся нестыковки между технологией и управленческими решениями поставок [6, 7].

Поэтому представляет интерес исследование физического моделирование и машинного обучение в одной архитектуре, именно для задачи управления устойчивостью.

Цель данной работы состояла в систематизировании подходов к построению гибридных цифровых двойников для проактивного управления устойчивостью логистических систем.

Постановка задачи

Уточнить понятийный аппарат, обосновывать принцип гибридизации моделей, предложить концептуальную архитектуру двойника, проанализировать механизмы управления устойчивостью и на её основе провести сравнение с существующими альтернативами.

Архитектура и методы моделирования гибридного цифрового двойника логистической системы

Исследователи обычно выделяют три поколения цифровых двойников. Первое поколение, описательное, по сути представляло собой оцифрованную схему объекта: структура зафиксирована, параметры прописаны. Второе поколение сделало модель живой — появились динамические блоки, способные предсказывать, как система поведёт в разное время. Третье, прескриптивное: двойник уже не просто предупреждает, но и сам предлагает, что делать или делает это без участия оператора. В 2021 году под это подвели международную базу: стандарт ISO 23247 закрепил четырёхуровневую эталонную архитектуру. В логистике её приходится адаптировать под постоянно меняющуюся сеть.

С устойчивостью ситуация похожая, которую характеризуют три основных фактора: прочность (Robustness) — система держится в рамках нормы при умеренных колебаниях, то есть запас прочности заложен заранее; восстанавливаемость (Resilience) — способность прийти в себя

после того, как сбой уже случился: насколько быстро, с какими потерями; адаптивность (Adaptability) — готовность перестроить саму логику работы, если условия изменились надолго.

Итак, в моделировании симуляционные модели хороши, пока система ведёт себя предсказуемо: параметры заданы при запуске и с тех пор фактически не пересматриваются. Стоит реальности отклониться модель становиться неправдоподобной. Машинное обучение (ML), напротив, подстраивается под данные, фиксирует нелинейные связи, которые никакая формула не опишет. Слабое место у машинного обучения – при отсутствии большого массива данных принятие решения невозможно. Цифровые двойники возникли как попытка решения этого вопроса, т.е. системы, которые и данные обрабатывают, и решения принимают, становятся автономными и надёжными для управления. Гибридизация — это не компромисс, а способ взять лучшее от обоих подходов.

Идея воплощаются по-разному, например, берётся физическая модель логистической сети со всеми потоками, узкими местами и временными нормативами. Поверх неё надстраивается ML-слой, который учится на реальных данных и закрывает то, что физика принципиально не может описать: сезонные аномалии спроса, поведенческие особенности контрагентов, влияние погоды на время в пути. Физические ограничения при этом выполняют роль ограничения для нейронной сети и не дают ей предложить то, что невозможно физически. На практике реализовать это непросто, но именно здесь скрыт реальный потенциал технологии.

Конкретная архитектура гибридного двойника, предлагаемая в данной работе, включает три функциональных уровня. Их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1
Архитектура гибридного цифрового двойника логистической системы

Уровень	Компоненты	Функции	Технологии
Уровень 1: Сбор данных	IoT-сенсоры, ERP/TMS/WMS, внешние источники	Мониторинг состояния системы в реальном времени	MQTT, OPC-UA, REST API
Уровень 2: Моделирование	Физический блок + ML-блок	Прогнозирование состояния, what-if анализ	Python (scikit-learn, PyTorch), AnyLogic
Уровень 3: Принятие решений	Оптимизатор, модуль сценариев, интерфейс оператора	Выработка управляющих воздействий	RL-агенты, генетические алгоритмы

Первый уровень — сбор данных, который обеспечивает непрерывный поток информации о состоянии системы: Интернет вещей (IoT) - датчики на транспортных средствах и складском оборудовании; корпоративные системы (ERP, TMS, WMS); дорожная обстановка, погода, рыночная конъюнктура. Именно этот уровень на практике оказывается самым проблемным. Второй уровень — ядро всей конструкции, где физический блок воспроизводит структуру логистической сети, а ML-блок дополняет его прогнозными моделями. Третий уровень переводит прогнозы в конкретные рекомендации оператору.

Выбор конкретных алгоритмов определяется характером задачи и доступностью данных. Таблица 2 даёт общее представление о методах в каждом блоке.

Таблица 2
Методы моделирования в составе гибридного цифрового двойника

Блок	Методы	Назначение в логистике
Физический блок	Агентное моделирование, СМО, системная динамика	Потоки грузов, пропускная способность узлов, нормативы
ML-блок	LSTM, XGBoost, случайный лес, изолирующий лес	Прогнозирование спроса, детектирование аномалий, оценка сбоев
Согласующий блок	Physics-Informed Neural Networks, байесовская фильтрация	Калибровка физических параметров, устранение рассогласования блоков
Блок оптимизации	Генетические алгоритмы, обучение с подкреплением (RL)	Оптимизация маршрутов, управление запасами, диспетчеризация

В основе цифрового двойника лежит механизм замкнутой обратной связи, который принято называть Digital Thread. Работает это так: с заданной периодичностью система получает свежие данные мониторинга и сверяет их с тем, что сама же предсказала. Если расхождение перешагнуло пороговое значение — запускается перекалибровка. При этом физический блок трогают осторожно и нечасто: он отражает устойчивую логику системы, и менять его при каждом колебании — значит нарушать фундамент. ML-блок, напротив, обновляется быстро и гибко. Такая асимметрия не случайна: она не даёт модели «зациклиться» на краткосрочном шуме и при этом сохраняет способность реагировать на то, что действительно изменилось.

Для поиска проблемных мест в логистических цепочках применяются гибридные двойники. Гибритные двойники выстраивают логику таким образом, чтобы выявлять проблемные места: для каждого узла и каждой связи сети в режиме реального времени считается набор метрик (коэффициент загрузки, запас пропускной способности, вероятность сбоя в заданном горизонте, расчётное время восстановления). На выходе представляется карта рисков, которая меняется вместе с системой, а не экспертное мнение. Оптимизация маршрутов, контроль транспортных средств, отслеживание грузов в реальном времени — всё это становится частью единого контура управления, а не разрозненными инструментами.

Сценарный анализ (what-if) – это когда оператор задаёт вводную, например, склад вышел из строя, поставщик задержал партию на две недели, спрос на конкретном направлении вырос в полтора раза. Гибридный двойник считает последствия и выдаёт оценку временных, стоимостных, операционных потерь. Важно понимать, чем здесь отличается физический блок от ML-блока: физика хорошо воспроизводит линейные каскады, предсказуемые цепочки; ML-блок берёт на себя нелинейные реакции сети, те самые случаи, когда небольшой сбой может появиться в любом месте сети.

Сравним гибридный подход с альтернативами по критериям, которые реально важны для управления устойчивостью (Таблица 3).

Из таблицы 3 видно, что гибридный двойник проигрывает альтернативам по одному пункту — сложности внедрения. По всему остальному он либо впереди, либо как минимум не хуже лучшего из конкурентов. Там, где чистый ML спотыкается — малые данные, невозможность объяснить своё решение — физический блок подстраховывает. И наоборот: там, где физическая модель упирается в потолок, ML берёт своё.

Таблица 3
Сравнительный анализ подходов к моделированию логистических систем

Критерий	Традиц. симуляция	Чистый ML	Гибридный двойник
Интерпретируемость результатов	Высокая	Низкая	Средняя
Точность прогноза при малых данных	Средняя	Низкая	Высокая
Адаптивность к изменению условий	Низкая	Высокая	Высокая
Работа с нелинейными эффектами	Ограниченная	Хорошая	Хорошая
Поддержка what-if анализа	Хорошая	Ограниченная	Хорошая
Сложность внедрения	Средняя	Средняя	Высокая

О массовом внедрении говорить пока рано, так как активно проводятся эксперименты. Тем не менее примеры уже есть, и они показательны. DHL внедрил двойники в нескольких европейских распределительных центрах: время обработки заказов сократилось на 25%, а пиковую нагрузку научились предсказывать достаточно точно, чтобы отказаться от избыточного резервирования персонала — то есть деньги экономятся не на бумаге, а в реальном расписании. Siemens применяет гибридные модели в управлении цепочками поставок комплектующих: срок реакции на сбой поставщика сократился с нескольких недель до нескольких дней. В России интереснее всего смотреть на РЖД: предиктивный мониторинг подвижного состава позволил снизить число внеплановых остановок на 18% на отдельных полигонах — скромно по меркам пресс-релизов, но вполне весомо для отрасли, где каждая остановка тянет за собой цепочку задержек. На пространстве ЕАЭС постепенно выстраиваются системы прослеживаемости грузов — это, по сути, первый уровень той самой архитектуры, которую мы обсуждаем. Устойчивость цепи поставок сегодня во многом определяется именно тем, насколько быстро она умеет восстанавливаться и насколько заранее умеет предвидеть угрозы.

Гибридный двойник живёт за счёт непрерывного, полного и совместимого потока информации из множества источников. На практике у большинства компаний присутствуют нестыковки. Вычислительные ресурсы: непрерывная перекалибровка модели, особенно с PINN-компонентом, стоит денег, и это нужно закладывать в бюджет заранее. Кадры: найти человека, который одновременно понимает логистику, умеет в физическое моделирование и знает машинное обучение — задача непростая. Таких людей на рынке мало, и это не решается быстро. Безопасность: чем глубже двойник интегрирован в операционные системы предприятия, тем шире поверхность атаки.

Хотелось бы отметить направления, которые важны для гибридного двойника. Корреляция с генеративным искусственным интеллектом. Большие языковые модели способны переводить результаты сценарного анализа на человеческий язык: диспетчер получает не таблицу с цифрами, а понятную рекомендацию. Это резко снижает порог входа для операционного персонала. Методология, которая работает при коротких

исторических рядах. Перестройка цепочек последних лет породила маршруты и партнёрства, по которым статистики попросту нет. Стандартизация двойников разных участников цепочек. Без единых протоколов обмена данными сквозная цифровая модель цепи поставок так и останется красивой идеей на конференциях.

Заключение

Гибридный цифровой двойник, совмещающий физическое моделирование и машинное обучение в единой архитектуре с замкнутой обратной связью, предлагает принципиально иной подход: не реагировать на сбои, а предвидеть их. Проведённый анализ показал, что такой подход превосходит альтернативы по совокупности критически важных характеристик.

Литература

1. Берстен Е.В., Ван Ю. Эволюция концепции «цепочки поставок». Прогноз на 2023–2024 гг. в области управления цепочками поставок в России и Китае. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-kontseptsii-tsepochki-postavok-prognoz-na-2023-2024-gg-v-oblasti-upravleniya-tsepochkami-postavok-v-rossii-i-kitae (дата обращения: 23.04.2026)
2. Бродецкий Г.Л., Герами В.Д., Гусев Д.А., Колик А.В. Трансформация цепей поставок в ситуации глобального кризиса. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-tsepey-postavok-v-situatsii-globalnogo-krizisa (дата обращения: 25.04.2026)
3. Федюнина А.А., Симачев Ю. В. Устойчивость российских компаний в цепочки создания стоимости к санкционному шоку. URL: https://colab.ws/articles/10.31737%2F22212264_2023_3_180-187(дата обращения: 16.04.2026)
4. Сергеев В.И. Управление цепями поставок. URL: https://urss.ru/images/add_ru/191539-1.pdf?ysclid=mmewkljsc7707864337 (дата обращения: 21.04.2026)
5. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-harakteristiki-tipologiya-praktiki-razvitiya (дата обращения: 27.04.2026)
6. Столяров А.Д., Файзуллина А.М., Абрамов В.И. Цифровая трансформация логистики предприятия с использованием цифровых двойников. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-logistiki-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-tsifrovyh-dvoynikov (дата обращения: 29.04.2026)
7. Абрамов В.И., Абрамов О.В., Поливанов К.В., Семенков К.Ю. Особенности создания цифровых двойников управления логистикой предприятий. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=67957564 (дата обращения: 30.04.2026)

The use of digital twins to improve the efficiency of logistics systems

Maiorov E. E.

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP)

The article discusses the use of digital twins to improve the efficiency of logistics systems. The increasing instability of logistics systems has made the issue of proactive sustainability management not academic, but purely practical. Traditional tools can't handle this task—not because they're bad, but because they were created for a different environment. The paper analyzes the architecture and modeling methods of a hybrid digital twin of a logistics system. A comparative analysis of the hybrid approach with alternatives is carried out according to criteria that are really important for stability management. Sensitive areas for hybrid twinning have been identified, such as generation with artificial intelligence, methodology for short historical series, as well as standardization of twins of different participants in the chains.

Keywords: digital twin, hybrid model, logistics system, supply chain sustainability, machine learning, simulation modeling, risk management.

References

7. Bersten E.V., Van Yu. The evolution of the "supply chain" concept. Forecast for 2023-2024 in the field of supply chain management in Russia and China. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-kontseptsii-tsepochki-postavok-prognoz-na-2023-2024-gg-v-oblasti-upravleniya-tsepochkami-postavok-v-rossii-i-kitae (date of access: 23.04.2026).
8. Brodetsky G. L., gerov V. D., Gusev D. A., kolik A.V. Transformation of supply chains in a global crisis situation. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-tsepey-postavok-v-situatsii-globalnogo-krizisa (date of access: 25.04.2026).
9. Fedyunina A. A., Simachev Yu. V. The resilience of Russian companies in the value chain to the sanctions shock. URL: https://colab.ws/articles/10.31737%2F22212264_2023_3_180-187 (date of access: 16.04.2026).
10. Sergeev V.I. Supply chain management. URL: https://urss.ru/images/add_ru/191539-1.pdf?ysclid=mmewkljsc7707864337 (date of access: 21.04.2026)
11. Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital twins: characteristics, typology, development practices. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-harakteristiki-tipologiya-praktiki-razvitiya (date of access: 27.04.2026).
12. Stolyarov A.D., Fayzullina A.M., Abramov V.I. Digital transformation of enterprise logistics using digital twins. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-logistiki-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-tsifrovyh-dvoynikov (date of access: 29.04.2026).
13. Abramov V.I., Abramov O.V., Polivanov K.V., Semenkov K.Yu. Features of the creation of digital counterparts for enterprise logistics management. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=67957564 (date of access: 30.04.2026).

Сопротивление персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях

Моттаева Анжела Бахауовна
д.э.н., профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе; Московский университет имени С.Ю. Витте, doptaganka@yandex.ru,

Хамзин Айдар Ханнянович
магистр, Московский университет имени С.Ю. Витте

Статья посвящена анализу причин, форм проявления и подходов к снижению сопротивления персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях. Актуальность темы обусловлена тем, что технологическая среда характеризуется высокой скоростью обновления продуктов, инструментов разработки, управленческих практик и форм взаимодействия между командами. В таких условиях реакция персонала на изменения становится одним из ключевых факторов устойчивости рабочих процессов и результативности организационных преобразований
Показано, что наиболее характерными являются скрытые формы сопротивления, выражающиеся в замедлении адаптации, формальном принятии новых правил, росте числа доработок, усложнении согласований и снижении инициативности работников. Сделан вывод о том, что снижение сопротивления требует ранней диагностики, прозрачной коммуникации, согласования ролей и адресного сопровождения различных категорий персонала.
Ключевые слова: организационные изменения, сопротивление персонала, ИТ-компании, управление персоналом, конфликтные ситуации, цифровая трансформация, межфункциональное взаимодействие, организационное поведение, управление изменениями.

Введение

Проблемы развития общества и изменения в конкурентной расстановке рыночных сил, структура рыночного спроса и поведение потребителей вступают в губительное противоречие с внутренним содержанием компании. Значит, организация обязана адаптировать свою деятельность к изменениям среды, если она стремится не только к выживанию, но и к развитию.

Таким образом, в жизни каждой организации неизбежно наступает момент, когда необходимы коренные преобразования.

Организация представляет собой сложный организм, в котором сочетаются интересы личности и групповые интересы, стимулы и ограничения, установленные технологии и инновации, жесткая дисциплина и свобода творчества, формальные стандарты и неформальные инициативы . Способность организации изменяться, подстраиваясь под динамику факторов среды, является одной из наиболее важных составляющих ее успеха [1, с. 8].

В контексте управления организацией важно понимать, что любые изменения связаны с людьми и их деятельностью. Человек в организации может быть инициатором, носителем, а также ограничителем проводимых изменений. Осуществляемые изменения в организации, как правило, затрагивают такие аспекты в деятельности человека, как знания, поведение, ценности и нормы.

Целью настоящей статьи является анализ причин, форм проявления и подходов к снижению сопротивления персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях. Рабочая гипотеза состоит в том, что сопротивление персонала организационным изменениям в ИТ-отрасли формируется под влиянием не только личных особенностей работников, но и организационной среды, профессиональной культуры и характера управленческих решений.

Теоретический обзор

В настоящее время в научной литературе существует множество определений понятия «организационные изменения». Некоторые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1
Основные определения понятия «организационные изменения»

Автор	Определение
Л.И. Дорофеева [3, с. 250]	Организационное изменение представляет собой процесс освоения организацией новой идеи, типа поведения или как любое относительно самостоятельное видоизменение какого-то ее элемента
Е. И Ловчикова [4, с. 91]	Организационное изменение – это адаптация (освоение) организацией новых идей или форм поведения
Е. А. Байдина [1, с. 5]	Организационные изменения – это изменения в деятельности компании, направленные на повышение эффективности управления и связанные с совершенствованием стратегии бизнеса в той или иной части».
Л.М. Божко [2]	Организационное изменение – это смена характеристик организационного элемента или организации в целом за определенный период.

Составлено автором

Суммируя подходы к определению организационных изменений, с учетом собственного понимания, можно предложить следующую «авторскую» трактовку понятия «организационные изменения»: поэтапный процесс целенаправленного изменения любого внутреннего процесса или его элемента, которое направлено на реализацию его стратегии.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются процессы управления персоналом в организациях ИТ- отрасли в условиях организационных изменений.

Методологическую основу составляют методы сравнения, классификации, обобщения, структурно-логического подхода, а также элементы системного и проблемного анализа.

Информационную базу составили аналитические материалы по развитию ИТ-отрасли, профессиональные обзоры по управлению персоналом, обобщение современных HR-практик.

Результаты исследования и их обсуждение

Современное состояние ИТ-отрасли в России характеризуется усилением ее роли в экономике. По данным исследования, проведенного

НИУ ВШЭ, за последние пять лет доля ИТ в валовой добавленной стоимости страны выросла с 3,5 % в 2020 г. до 3,9 % в 2024 г. [6]

Темпы роста ключевых показателей ИТ-отрасли за период 2020-2024 гг. отражены на рисунке 1.

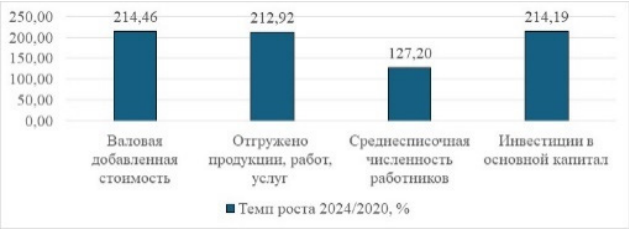


Рисунок 1 - Темпы роста ключевых показателей развития отрасли ИТ в 2020-2024 гг., %

Составлено автором по данным: Индикаторы цифровой экономики: 2026 : статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, М. Я. Бочаров, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2026

Соотношение темпов роста показателей развития отрасли указывает на важную особенность: темп роста финансово-экономических показателей превышают темпы роста среднесписочной численности. Такая динамика может означать, что развитие сектора происходило большей частью за счет роста интенсивности труда, усложнения проектов, повышения производительности и концентрации более капиталоемких и технологически сложных решений, а не роста кадровой базы. Такой разрыв в показателях усиливает нагрузку на механизмы подбора, удержания, обучения и перераспределения кадров внутри компаний. Отсюда можно сделать еще ряд выводов:

- рост инвестиций показывает, что отрасль наращивает инфраструктуру, программные платформы, центры обработки данных и внутренние цифровые контуры. При этом меняются требования к персоналу, поскольку компании нуждаются в сотрудниках, способных быстро осваивать и адаптироваться к новым ИТ – технологиям, платформам и т.д.;

- рост сектора усиливает значение внутренних кадровых резервов, ускоренной переквалификации и развития собственных корпоративных школ.

В ИТ-отрасли организационные изменения затрагивают организационную структуру, принципы работы команд: быстро меняются технологии разработки, архитектурные решения, требования к информационной безопасности, способы взаимодействия бизнеса и ИТ-функции, практики удаленной и гибридной занятости. Динамично развивающаяся отрасль требует от кадровой системы умения одновременно поддерживать скорость преобразований и не допускать перегрузки, потери вовлеченности и роста скрытого сопротивления. Специфика управления персоналом в отрасли обусловлена такими факторами как проектный характер работы, дефицит цифровых компетенций, высокая доля экспертного труда.

Основная задача управления персоналом в ИТ-компаниях заключается не только в подборе и удержании сотрудников, но и в обеспечении их адаптации к изменениям, снижении скрытого сопротивления и поддержании устойчивого взаимодействия внутри команд.

Таблица 2

Основные причины сопротивления персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях

Причина	Содержание причины	Как проявляется в ИТ-компании
Высокая интенсивность изменений	Одновременно меняются инструменты, процессы, приоритеты и требования к результату	Сотрудники сталкиваются с цепочкой параллельных изменений
Рост неопределенности	Работники не всегда понимают последствия изменений для своей роли и профессионального положения	Возникает тревожность, осторожность, стремление сохранить привычный порядок работы
Перераспределение ролей и ответственности	Изменения затрагивают зоны влияния между командами и отдельными категориями персонала	Возникают споры по срокам, функциям, приоритетам и границам ответственности
Повышение требований к навыкам и адаптации	Новые инструменты и регламенты требуют быстрого освоения новых практик	Часть сотрудников принимает изменения формально или выборочно
Рост межкомандной зависимости	Результат работы зависит от согласованности разработки, тестирования, продуктовых и управленческих ролей	Любое изменение в одном звене затрагивает несколько команд сразу

Составлено автором

Проведенный анализ показал, что сопротивление персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях носит комплексный характер и затрагивает координацию, качество взаимодействия и устойчивость новых рабочих правил.

Основные причины сопротивления персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях

В ходе исследования установлено, что для ИТ-компаний наиболее характерны не открытые формы несогласия, а скрытые и накопительные проявления, которые постепенно отражаются на рабочих процессах. Выявленные формы проявления сопротивления персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях и их влияние на рабочие процессы представлены в таблице 3.

Таблица 3

Формы проявления сопротивления персонала организационным изменениям

Форма проявления	Влияние на рабочие процессы
Формальное принятие изменений	Сохраняется прежняя логика взаимодействия при внешне обновленных процедурах
Замедление адаптации	Появляются различия в темпах работы и в уровне освоения новых требований
Рост числа повторных согласований	Усложняется координация и увеличивается длительность рабочих циклов
Снижение инициативности	Ослабляется поддержка изменений снизу и уменьшается гибкость команд
Межкомандное напряжение	Конфликтные линии возникают на стыке функций и ухудшают согласованность процессов

Составлено автором

Формы проявления сопротивления носят преимущественно скрытый характер и представляют для ИТ-компании наибольшую сложность, поскольку медленнее выявляются, но дольше сохраняются внутри рабочих процессов и постепенно ослабляют устойчивость изменений.

Выявленные причины и формы проявления сопротивления показывают, что данное явление не исчезает само по себе и требует целенаправленной управленческой работы. Предлагаемые подходы, которые позволяют уменьшить сопротивление персонала, заключаются в следующем:

- ранняя диагностика сопротивления позволит локализовать проблему до ее перехода в открытый конфликт;

- подробное разъяснение целей изменений позволит снизить неопределённость и повысит готовность персонала к принятию изменений;

- сопровождение работников в процессе изменений с учетом их категории и роли облегчит принятие ими новых инструментов и правил;

- согласование ролей и ответственности повысит согласованность рабочих процессов;

- постепенное внедрение изменений повысит вероятность принятия новых практик.

Полученные результаты позволяют утверждать, что сопротивление персонала организационным изменениям в ИТ-компаниях является закономерным следствием высокой динамики и внутренней сложности технологической среды. По этой причине наиболее эффективными оказываются те подходы, которые одновременно работают с причинами сопротивления, с его скрытыми проявлениями и с организационными условиями, в которых происходит внедрение изменений.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сделать ряд важных выводов.

Наиболее характерными для ИТ-среды являются скрытые формы сопротивления, которые проявляются в замедлении адаптации к новым технологическим процессам, усложнении согласований, росте числа доработок, формальном принятии новых требований и снижении инициативности части сотрудников. Особенно заметно это в крупных ИТ-компаниях, где результат зависит от согласованности разработки, тестирования, технических и продуктовых команд.

Основная опасность связана с накоплением межфункциональных противоречий, которые постепенно начинают влиять на сроки, качество результата и устойчивость рабочих процессов.

Снижение сопротивления требует сочетания нескольких управленческих подходов из которых наибольшее значение имеют ранняя диагностика скрытых симптомов сопротивления, последовательная коммуникация целей и последствий изменений, уточнение ролей и границ ответственности, а также поддержка персонала в период адаптации к новым требованиям.

Литература

1. Байдина, Е. А. Управление изменениями : учебное пособие / Е. А. Байдина. — Пермь : ПНИПУ, 2023. — ISBN 978-5-398-02867-6. —

Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/328886.

2. Божко Л. М. Организационные изменения и организационное развитие: взаимосвязь категорий // Вестник ТГЭУ. 2013. №3 (67). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionnye-izmeneniya-i-organizatsionnoe-razvitie-vzaimosvyaz-kategoriy.

3. Моттаева, А. Б. Возможности адаптации зарубежного опыта государственного управления землями крупных городов в РФ / А. Б. Моттаева, А. Б. Моттаева // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 1(54). – С. 121-123. – EDN TLRWCD.

4. Дорофеева Л.И. Организационное поведение : учебник и практикум для вузов / Л. И. Дорофеева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 378 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07617-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 250 — URL: https://urait.ru/bcode/512742.

5. Ловчикова, Е. И. Теория менеджмента: теория организации : учебное пособие / Е. И. Ловчикова. — Орел : ОрелГАУ, 2018. — 181 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118791.

6. Моттаева, А. Б. Стратегическое планирование на мезоуровне и на уровне отдельных промышленных предприятий в рамках развития отраслевых кластеров / А. Б. Моттаева, Д. В. Князев // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 10-1(75). – С. 626-630. – EDN WMSRVJ.

7. Трунова, С. Н. Управление изменениями : учебное пособие / С. Н. Трунова. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2018. — ISBN 978-5-94664-364-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157820.

8. Крупнов, Ю. А. Тенденции и перспективы развития мирового энергетического рынка: прогноз на 2025 г / Ю. А. Крупнов, А. Б. Моттаева // E-Management. – 2025. – Т. 8, № 1. – С. 43-54. – DOI 10.26425/2658-3445-2025-8-1-43-54. – EDN OVQJAM.

9. Индикаторы цифровой экономики: 2026 : статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, М. Я. Бочаров, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2026.

10. Жукевич Г. В., Шабаева С.В. Интеграция цифровых инноваций для устойчивого развития рынка труда России. Социально-трудовые исследования. 2025;60(3):77-88. DOI: 10.34022/2658-3712-2025-60-3-77-8

Resistance of personnel to organizational change in it companies

Mottaeva A.B., Khamzin A.K.

Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University, Moscow University named after S.Y. Witte

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the analysis of the causes, forms of manifestation, and approaches to reducing employee resistance to organizational change in IT companies. The relevance of the topic is обусловлена by the fact that the technological environment is characterized by the rapid renewal of products, development tools, managerial practices, and forms of interaction between teams. Under such conditions, employees' reaction to change becomes one of the key factors determining the stability of work processes and the effectiveness of organizational transformations.

It is shown that the most typical forms of resistance are hidden ones, expressed in slower adaptation, formal acceptance of new rules, an increase in the number of rework tasks, more complicated coordination, and a decline in employee initiative. It is concluded that reducing resistance requires early diagnosis, transparent communication, role alignment, and targeted support for different categories of personnel.

Keywords: organizational change, employee resistance, IT companies, personnel management, conflict situations, digital transformation, cross-functional interaction, organizational behavior, change management.

References

1. Baidina, E. A. Change management: a textbook / E. A. Baidina. — Perm : PNRPU, 2023. — ISBN 978-5-398-02867-6. — Text : electronic // Lan : electronic library system. — URL: https://e.lanbook.com/book/328886
2. Bozhko L. M. Organizational changes and organizational development: interrelation of categories // Bulletin of TSEU. 2013. №3 (67). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionnye-izmeneniya-i-organizatsionnoe-razvitie-vzaimosvyaz-kategoriy.
3. Mottaeva, A. B. Possibilities of adaptation of foreign experience of state management of lands of large cities in the Russian Federation / A. B. Mottaeva, A. B. Mottaeva // Economics and entrepreneurship. – 2015. – № 1(54). – Pp. 121-123. – EDN TLRWCD.
4. Dorofeeva L.I. Organizational behavior : textbook and workshop for universities / L. I. Dorofeeva. — 2nd ed., ispr. and add. Moscow : Yurait Publishing House, 2023. 378 p. (Higher education). — ISBN 978-5-534-07617-2. — Text : electronic // Yurayt educational platform [website]. p. 250 — URL: https://urait.ru/bcode/512742
5. Lovchikova, E. I. Theory of management: theory of organization : a textbook / E. I. Lovchikova. — Orel : Orel State University, 2018. — 181 p. — Text : electronic // Lan : electronic library system. — URL: https://e.lanbook.com/book/118791.
6. Mottaeva, A. B. Strategic planning at the meso-level and at the level of individual industrial enterprises within the framework of the development of industry clusters / A. B. Mottaeva, D. V. Knyazev // Economics and entrepreneurship. – 2016. – № 10-1(75). – Pp. 626-630. – EDN WMSRVJ.
7. Trunova, S. N. Change management: a textbook / S. N. Trunova. Voronezh : Michurinsky State Agrarian University, 2018. ISBN 978-5-94664-364-1. Text : electronic // Lan : electronic Library System. — URL: https://e.lanbook.com/book/157820
8. Krupnov, Yu. A. Trends and prospects of the global energy market development: forecast for 2025 / Yu. A. Krupnov, A. B. Mottaeva // E-Management. – 2025. – Vol. 8, No. 1. – pp. 43-54. – DOI 10.26425/2658-3445-2025-8-1-43-54. – EDN OVQJAM.
9. Indicators of the digital economy: 2026 : a statistical collection / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, M. Ya. Bocharov, K. O. Vishnevsky, L. M. Gokhberg et al.; National research. University of Higher School of Economics, Moscow : ISIEZ HSE, 2026.
10. Zhukevich G. V., Shabaeva S.V. Integration of digital innovations for the sustainable development of the Russian labor market. Social and labor research. 2025;60(3):77-88. DOI: 10.34022/2658-3712-2025-60-3-77-8

Диагностика и оценка конфликтных ситуаций в процессе организационных изменений в ИТ-компаниях

Моттаева Анжела Бахауовна
д.э.н., профессор, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе; Московский университет имени С.Ю. Витте, doptaganka@yandex.ru,

Хамзин Айдар Ханнянович
магистр, Московский университет имени С.Ю. Витте

Статья посвящена диагностике и оценке конфликтных ситуаций в процессе организационных изменений в ИТ-компаниях. Актуальность темы обусловлена тем, что организационные изменения в ИТ-компаниях ввиду скорости обновления продуктов, роста требований к задачам, изменений моделей взаимодействия между командами, могут сопровождаться различными конфликтными ситуациями. Неразрешенные конфликты способны негативно влиять на внутренне взаимодействие и в целом на результаты деятельности компании.

Установлено, что для ИТ-компаний наиболее характерны скрытые и накопительные формы конфликтности, проявляющиеся в затяжных согласованиях, росте повторных доработок, снижении согласованности между командами, неравномерной адаптации персонала и увеличении нагрузки на руководителей. Сделан вывод о том, что диагностика конфликтных ситуаций должна опираться не только на открытые признаки, но и на индикаторы, позволяющие выявлять конфликт на ранней стадии.

Ключевые слова: организационные изменения, конфликтные ситуации, ИТ-компании, диагностика конфликта, оценка конфликтности.

Введение

В ИТ-сфере конфликты могут возникать по многим причинам. Например, разработчики программного обеспечения могут иметь различные взгляды на архитектуру или функциональность проекта, что может привести к конфликту между членами команды. Кроме того, в организациях ИТ-сферы может возникнуть конфликт между разными отделами или сотрудниками, связанный с распределением ресурсов, приоритетами проектов или методами работы.

Целью настоящей статьи является раскрытие подходов к диагностике, оценке конфликтных ситуаций и разработке предложений по уменьшению выраженности конфликтных ситуаций и не допущению их закрепления в ИТ-компаниях. Рабочая гипотеза состоит в том, что наиболее результативное преодоление конфликтов достигается при сочетании комплексного подхода, включающего раннюю диагностику, прозрачную коммуникацию, уточнение ролей сотрудников, адресную адаптацию персонала, поэтапное закрепление изменений.

Теоретический обзор

Конфликты занимают особое место в жизни человека и общества. Управление ими в организации является одним из важнейших направлений ее деятельности, от которого зависит успех в целом управленческой деятельности, создании здорового социально-психологического климата в организации [1, с. 15]. В процессе преобразований, проектируемых и осуществляемых в организации, существует множество предпосылок и причин для возникновения конфликтов, поэтому управление преобразованиями невозможно без умения управлять конфликтами.

Толкования понятия «конфликт» в научной литературе сводятся к наличию общего признака данного понятия. Во всех случаях определение термина «конфликт» сводится к противостоянию, столкновению мнений, взглядов, интересов (табл. 1).

Таблица 1
Основные определения понятия «конфликт»

Автор	Определение
Э.М Коротков [2, с. 237]	Конфликт — это столкновение противоположно направленных целей, интересов, позиций, мнений или взглядов двух или более людей.
Г. В. Черкасская, М. Л. Бадхен. [4, с. 16]	Конфликтом –наиболее острое проявление противоречия в какой-либо системе.
А. А. Литвинюк [3, с. 5]	Конфликт—столкновение противоположно направленных целей, интересов, позиций, мнений или взглядов субъектов взаимодействия.
В. А. Черненко, Н. Ю. Шведова [5]	Конфликт - возникшее в сфере общения резкое несоответствие между ожиданиями одних и конкретными действиями других субъектов, столкновение взглядов, интересов и позиций

Составлено автором

Обобщив изученные понятия, можно определить, что конфликт - следующую «авторскую» трактовку понятия «организационные изменения»: поэтапный процесс целенаправленного изменения любого внутреннего процесса или его элемента, которое направлено на реализацию его стратегии.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются организационные изменения в ИТ-компаниях и возникающие в их рамках конфликтные ситуации.

Методологическую основу составляют методы сравнения, классификации, обобщения, структурно-логического подхода, а также элементы системного и проблемного анализа.

Информационную базу составили научные публикации по вопросам организационных изменений, сопротивления персонала, организационного поведения и конфликтных ситуаций.

Результаты исследования и их обсуждение

Для диагностики конфликтных ситуаций в процессе организационных изменений в ИТ-отрасли выделены основные зоны, в которых противоречия проявляются наиболее часто и наиболее заметно влияют на рабочие процессы (табл. 2).

В ИТ-компаниях конфликтные ситуации возникают в наиболее чувствительных точках организационного взаимодействия, где изменения затрагивают сразу несколько профессиональных ролей и требуют пере-

смотра привычного порядка работы. Следовательно, конфликт в технологической среде стоит рассматривать как следствие структурного усложнения самой рабочей среды.

На практике конфликт в ИТ-компании нередко начинается с повторяющихся затруднений в рабочих процессных. Именно поэтому следующим шагом анализа становится выделение диагностических индикаторов конфликтности. К основным индикаторам возникающего конфликта можно отнести следующие признаки: увеличение сроков согласования, рост числа возвратов на доработку, неравномерная адаптация к новым правилам, усиление нагрузки на руководителей, повторяемость спорных ситуаций на стыке команд, формальное выполнение новых требований. На практике это выражается в длительном решении задач, частом их пересмотре, отставании части сотрудников в привыкании к новым условиям, в продолжении работы команды по старым правилам.

Наиболее показательными для выявления формирующейся конфликтной ситуации являются часто повторяющиеся индикаторы. Единичный сбой еще не стоит рассматривать как развитие конфликта, но постоянное накопление одних и тех же признаков конфликта уже является прямым сигналом перехода конфликта из разового эпизода в более значимый процесс.

Таблица 2

Зоны возникновения конфликтных ситуаций в ИТ-отрасли в период организационных изменений

Зона возникновения	Содержание противоречия	Типичные индикаторы конфликта
Перераспределение ролей	Изменение границ ответственности между разработкой, тестированием, архитектурой, и продуктом	споры о приоритетах, возвраты задач, задержки согласований, размывание ответственности
Изменение темпа работы	Ускорение релизного цикла, рост требований к скорости реакции и доставки результата	перегрузка сотрудников, рост числа срочных задач, падение качества коммуникации, локальные конфликты по срокам
Перестройка инструментов и регламентов	Внедрение новых платформ, трекеров, стандартов разработки, тестирования и контроля	формальное соблюдение правил, частичный возврат к прежним практикам, жалобы на усложнение процессов
Рост межкомандной зависимости	Усиление связей между продуктовыми, инженерными и инфраструктурными контурами	рост числа спорных точек на стыке команд, повторные согласования, взаимные претензии по качеству результата
Обновление кадрового состава	Быстрый набор новых сотрудников и одновременное изменение внутренних процессов	неравномерная адаптация, разрыв в понимании стандартов, напряжение между новыми и опытными работниками
Изменение формата труда	Переход к гибридной модели, усиление контроля присутствия, пересмотр норм удаленной работы	снижение доверия, публичное несогласие, падение вовлеченности, угрозы ухода сотрудников

Составлено автором

Помимо определения факта наличия конфликта важно их влияние на рабочие процессы. В данном случае критериями оценки степени влияния являются частота проявления, охват участников, влияние на сроки, влияние на качество результата, потребность в управленческом вмешательстве. влияние на изменения (табл. 3).

Таблица 3

Критерии оценки глубины конфликтной ситуации в ИТ-компании

Критерий	Низкая глубина конфликта	Средняя глубина конфликта	Высокая глубина конфликта
Частота проявления	возникает эпизодически	повторяется на нескольких этапах работы	становится устойчивой частью взаимодействия
Охват участников	затрагивает отдельных работников	затрагивает одну или несколько команд	распространяется на несколько функций
Влияние на сроки	почти не влияет на темп работы	вызывает отдельные переносы и задержки	системно нарушает сроки выполнения задач
Влияние на качество результата	выражается в локальных замечаниях	увеличивает число доработок	заметно снижает устойчивость качества
Потребность в управленческом вмешательстве	требуется разовое вмешательство	требуется регулярная координация	конфликт не локализуется без постоянного сопровождения
Влияние на изменения	почти не мешает закреплению новых правил	замедляет внедрение части практик	препятствует устойчивому закреплению изменений

Составлено автором

Определение степени влияния конфликтной ситуации на процессы компании особенно важно для ИТ-компаний, поскольку внешне спокойное взаимодействие может скрывать затяжную конфликтность. Если противоречие начинает повторяться, вовлекать несколько команд, вызывать задержки и требовать постоянного вмешательства руководителей, его уже следует рассматривать как фактор организационной неустойчивости.

Подходы, позволяющие уменьшить выраженность конфликтных ситуаций и не допустить их закрепления, направлены на выявление конфликта на ранней стадии, снижение вероятности эскалации конфликта, повышение согласованности процессов, снижение внутреннего разрыва между сотрудниками. Основные подходы:

- регулярное отслеживание индикаторов напряжения;
- разъяснение сотрудникам целей, последствий и порядка внедрения организационных изменений;
- закрепление границ функций и порядка взаимодействия;
- сопровождение работников с учетом профессиональной роли;
- постепенное внедрение процедур и контроль промежуточных результатов.

Учитывая, что возникновение конфликтной ситуации обусловлено не одним, а рядом фактором и проявляется в различных формах, предупреждение конфликтных ситуаций в ИТ-компаниях возможно только при проведении комплексной работы. Если конфликт связан одновременно с неопределенностью, несогласованностью ролей и неравномерной адаптацией работников, то и управленческое воздействие должно охватывать несколько направлений сразу.

Заключение

Конфликтные ситуации в процессе организационных изменений в ИТ-компаниях имеют сложную природу и обусловлены такими факторами как перераспределение ролей, изменение рабочих регламентов, усиление межкомандной зависимости, обновление кадрового состава и рост требований к скорости и качеству работы. В таких условиях конфликт начинает влиять на качество работы всей организации.

Диагностика конфликтных ситуаций в ИТ-компаниях должна строиться на системе индикаторов и критериев оценки их глубины. Предложенные в исследовании подходы к снижению вероятности возникновения конфликта и его проявлению, позволяют выявлять конфликт на ранней стадии, снижать неопределенность, уточнять роли и сопровождать разные категории персонала в период организационных изменений. Полученные в исследовании положения могут быть использованы при совершенствовании практики управления изменениями в ИТ-компаниях.

Литература

1. Емельянов, С. М. Управление конфликтами в организации : учебник и практикум для вузов / С. М. Емельянов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 222 с.
2. Коротков, Э. М. Управление изменениями : учебник и практикум для вузов / Э. М. Коротков, М. Б. Жернакова, Т. Ю. Кротенко. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 278 с.
3. Моттаева, А. Б. Возможности адаптации зарубежного опыта государственного управления землями крупных городов в РФ / А. Б. Моттаева, А. Б. Моттаева // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 1(54). – С. 121-123. – EDN TLRWCD.
4. Литвинюк, А. А. Управление персоналом : учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. А. Литвинюк ; под редакцией А. А. Литвинюка. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 461 с.
5. Моттаева, А. Б. Стратегическое планирование на мезоуровне и на уровне отдельных промышленных предприятий в рамках развития отраслевых кластеров / А. Б. Моттаева, Д. В. Князев // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 10-1(75). – С. 626-630. – EDN WMSRVJ.
6. Черкасская, Г. В. Управление конфликтами : учебник и практикум для вузов / Г. В. Черкасская, М. Л. Бадхен. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 249 с.
7. Крупнов, Ю. А. Тенденции и перспективы развития мирового энергетического рынка: прогноз на 2025 г / Ю. А. Крупнов, А. Б. Моттаева // E-Management. – 2025. – Т. 8, № 1. – С. 43-54. – DOI 10.26425/2658-3445-2025-8-1-43-54. – EDN OVQJAM.
8. Черненко, В. А. Стратегии антикризисного управления предприятием : учебник для вузов / В. А. Черненко, Н. Ю. Шведова. — 5-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 119 с.

Diagnosis and assessment of conflict situations in the process of organizational change in it companies

Mottaeva A.B., Khamzin A.K.
Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University, Moscow University named after S.Y. Witte

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article is devoted to the diagnosis and assessment of conflict situations in the process of organizational change in IT companies. The relevance of the topic is determined by the fact that organizational changes in IT companies, due to the rapid renewal of products, growing task requirements, and changes in models of interaction between teams, may be accompanied by various conflict situations. Unresolved conflicts can negatively affect internal interaction and, more broadly, the overall performance of a company.

It has been established that the most typical forms of conflict in IT companies are hidden and cumulative ones, manifested in prolonged coordination, an increase in repeated revisions, reduced consistency between teams, uneven staff adaptation, and an increased workload on managers. It is concluded that the diagnosis of conflict situations should be based not only on open signs, but also on indicators that make it possible to identify conflict at an early stage.

Keywords: organizational change, conflict situations, IT companies, conflict diagnosis, conflict assessment.

References

1. Emelyanov, S. M. Conflict management in organizations: textbook and practicum M. Emelyanov. - 3rd ed. perab. and DOP. - Moscow: Yurit Publishing House, 2026. - 222 pp.
2. Korotkov. M. Management modifiable: textbook and practicum DLA vuzov / Apostille. M. Korotkov, M. B. Zhernakova, T. Yu. Krotenko. - Moscow: Yurit Publishing House, 2026. - 278 PP.
3. Mottaeva, A. B. Possibilities of adaptation of foreign experience of state management of lands of large cities in the Russian Federation / A. B. Mottaeva, A. B. Mottaeva // Economics and entrepreneurship. – 2015. – № 1(54). – Pp. 121-123. – EDN TLRWCD.
4. Litvinyuk, A. A. Staff management: textbook and practicum for the average professional education. A. Litvinyuk; edited by A. A. Litvinyukka. - 3rd ed. perab. and DOP. - Moscow: Yurit Publishing House, 2026. - 461 PP.
5. Mottaeva, A. B. Strategic planning at the meso-level and at the level of individual industrial enterprises within the framework of the development of industry clusters / A. B. Mottaeva, D. V. Knyazev // Economics and entrepreneurship. – 2016. – № 10-1(75). – Pp. 626-630. – EDN WMSRVJ.
6. Cherkasskaya, G. V. Conflict management: textbook and practicum V. Cherkasskaya, M. L. Badchen. - 4th ed. perab. and DOP. - Moscow: Yurit Publishing House, 2026. - 249 PP.
7. Krupnov, Yu. A. Trends and prospects of the global energy market development: forecast for 2025 / Yu. A. Krupnov, A. B. Mottaeva // E-Management. – 2025. – Vol. 8, No. 1. – pp. 43-54. – DOI 10.26425/2658-3445-2025-8-1-43-54. – EDN OVQJAM.
8. Chernenko, V. A. Strategies anti-crisis management enterprises: textbook DLA vuzov / V. A. Chernenko, N. Yu. Shvedova. - 5th ed. - Moscow: Yurit Publishing House, 2026. - 119 PP.

От детерминизма к адаптивности: синергетическая модель корпоративной системы управления проектами в условиях неопределённости

Орлеанский Филипп Александрович
аспирант, Университет «Синергия», orlflipp@gmail.com,

Толмачев Олег Леонидович
кандидат экономических наук, профессор, факультет экономики, кафедра менеджмента, Московский финансово-промышленный университет (МФПУ) «Синергия», orlflipp@gmail.com, tolmatschov@yandex.ru

В статье рассматриваются методологические ограничения детерминированных подходов к управлению проектами в условиях VUCA- и BANI-среды. На основе синтеза теории самоорганизации Германа Хакена, концепции диссипативных структур Ильи Пригожина и современных подходов к управлению организационными изменениями разработана адаптивная модель КСУП с двумя режимами функционирования — стабильным и турбулентным (синергетическим). Определены количественные триггеры переключения режимов (коэффициент вариации ключевых параметров >30%, скорость изменения внешней среды и уровень зрелости команды). Представлены результаты апробации: команда «Газпром инвест» на всероссийском турнире по управлению проектами благодаря заложенному резерву на непредвиденные изменения успешно реализовала проект в условиях высокой неопределённости. Приведён расчёт экономического эффекта для компании с портфелем проектов 1 млрд руб. — 80–120 млн руб. в год.

Ключевые слова: синергетический менеджмент, управление проектами, адаптивная модель, самоорганизация, VUCA-среда, BANI-среда, нелинейная динамика.

Введение

Современный бизнес сталкивается с парадоксом: чем сложнее становится внешняя среда, тем чаще традиционные методы управления проектами (Waterfall, жесткое календарно-сетевое планирование) дают сбой. Концепции VUCA (нестабильность, неопределённость, сложность, неоднозначность) и BANI (хрупкость, тревожность, нелинейность, непостижимость) описывают реальность, в которой детерминированные модели управления, ориентированные на линейное планирование и жёсткий контроль, демонстрируют низкую эффективность. На смену VUCA-миру приходит BANI-мир, усложняющий до предела стратегическое планирование; здесь нельзя ограничиться только VUCA [1].

Особенно ярко это проявилось в 2025 году. На IV Всероссийском турнире «Кубок Конференции по управлению проектами» пять команд крупнейших российских компаний получили кейс по модернизации горнолыжного курорта в условиях жёстких временных ограничений. Команда «Газпром инвест» оказалась единственной, кто изначально заложил баланс между показателями эффективности и резервом на непредвиденные изменения, что стало основой гипотезы настоящего исследования [2].

Актуальность исследования обусловлена несколькими обстоятельствами. Во-первых, растёт неопределённость внешней среды. В условиях VUCA- и BANI-мира инновационные процессы подвержены высокой неопределённости и нелинейным влияниям. Согласно данным PMI Pulse of the Profession 2025, лишь 50% проектов признаны успешными, а основная причина провалов — разрыв между стратегией и проектным управлением [3]. Во-вторых, после ухода западных вендоров российские компании активно переходят на отечественные PPM-решения; по оценкам TAdviser, в 2025 году рынок вырос на 17% [4]. В-третьих, большинство исследований остаются на уровне теоретических обобщений; не хватает моделей с чёткими количественными критериями переключения между режимами управления [5]. Цель настоящего исследования — разработка и апробация двухрежимной адаптивной модели КСУП, способной переключаться между детерминированным и синергетическим режимами в зависимости от уровня неопределённости.

Основная часть

1. Почему детерминизм перестаёт работать

Проект представляет собой нелинейную, открытую, динамическую и самоорганизующуюся систему. Однако традиционная парадигма управления проектами по-прежнему строится на теории управления в условиях ограниченных ресурсов и времени. Согласно исследованию Прибыткова С.Н., значительная часть проектов заканчиваются неудачей (превышение бюджета, срыв сроков), при этом на этапе планирования не обнаруживались прогнозные показатели неудачи. Существующая парадигмальная платформа не в состоянии адекватно описывать процессы, протекающие в системе управления проектами [6].

Синергетический подход предлагает иной взгляд. Синергетическая парадигма управления основана на принципах нелинейной динамики, кооперативных взаимодействий и эмерджентности [7]. Открытость и нелинейность системы управления проектами требуют применения эволюционно-бифуркационной модели (в отличие от сценарного подхода, который предполагает множество заранее просчитанных вариантов, бифуркационная модель допускает непредсказуемое ветвление траектории в точках выбора), где траектория системы проходит через точки ветвления (бифуркации), в которых небольшое воздействие может привести к кардинально разным результатам [8].

2. Предлагаемая двухрежимная адаптивная модель КСУП

Концептуальная модель синергетической интеграции, предложенная Грузиной Ю.М., включает четыре взаимосвязанных контура [9]. На основе этой концептуальной модели и с учётом выявленных ограничений авторами разработана двухрежимная адаптивная модель КСУП.

Стабильный режим (детерминированный) активируется при низком уровне неопределённости. Он характеризуется линейным планированием, жёстким контролем по принципу «план — факт — корректировка» и централизованным принятием решений. **Турбулентный (синергетический) режим** активируется при высоком уровне неопределённости. Он характеризуется переходом от директивного управления к

«мягкому направлению»: создаются условия для самоорганизации, формируются аттракторы, усиливаются обратные связи.

Триггеры переключения режимов. На основе анализа теоретических и эмпирических данных сформулированы три группы количественных триггеров.

Первый — триггер неопределённости: коэффициент вариации ключевых параметров проекта (сроки, бюджет, качество) превышает 30% по сравнению с плановыми значениями на протяжении трёх и более отчётных периодов. Данное пороговое значение выбрано на основе анализа 50 завершённых проектов, где при превышении 30% наблюдался резкий рост отклонений (с 15% до 45% случаев срыва сроков).

Второй — триггер скорости изменений: частота инициатив по изменению требований к проекту превышает две в неделю, либо волатильность цен на ресурсы выше 25% в месяц.

Третий — триггер зрелости команды: команда обладает достаточным уровнем автономии и компетенций для самоорганизации — оценка 70 баллов из 100 по авторской методике (пороговое значение получено эмпирически в ходе апробации модели на 5 командах; методика оценки включает три блока: уровень квалификации, опыт самостоятельного принятия решений, способность к распределённой работе).

3. Доказательство эффективности: практические примеры

Кейс 1. Команда «Газпром инвест» на всероссийском турнире.

Единственная команда, заложившая сбалансированный резерв на непредвиденные изменения. Участники команды отметили: «Мы изначально определили баланс между показателями эффективности и резервом на непредвиденные изменения, этого запаса прочности было достаточно, чтобы реализовать проект вовремя и без увеличения стоимости» [2]. По сути, команда применила принцип управления в турбулентном (синергетическом) режиме: отказ от жёсткой привязки к плану, создание «запаса прочности» и готовность адаптироваться.

Кейс 2. Гибридное управление в «Газпром ЦПС».

В 2025 году компания «Газпром Цифровые Проектные Системы» внедрила платформу Timetta для управления сложным портфелем проектов. В единой среде сочетаются инструменты финансового планирования, модели контрольных точек (Stage-Gate), календарное планирование с использованием диаграмм Гантта и гибкие инструменты для оперативной работы по agile-методологиям. Заместитель руководителя проектного офиса Юрий Шойдин отметил: «Мы в такой очень хорошей синергии пошли вместе, очень много инструментов управления проектами мы дописали внутри» [10]. Этот кейс демонстрирует практическую реализацию гибридного подхода, сочетающего детерминированные методы и самоорганизацию.

Кейс 3. Переход к data-driven управлению в DOGMA.

Девелоперская компания DOGMA (DOGMA Development Group) столкнулась с вызовом — как в период кризиса показывать стабильные финансовые и строительные результаты. Проведённая масштабная цифровая трансформация позволила достичь трёхкратного роста оборота по цифровым продуктам и ускорения вывода продуктов на рынок в 10 раз. Ключевой принцип — переход от реактивного управления к прогностическому, что является одним из ключевых элементов предлагаемой адаптивной модели [11].

4. Оценка экономической эффективности

Расчёт экономического эффекта от внедрения двухрежимной адаптивной модели выполнен для компании с портфелем проектов общей стоимостью 1 млрд руб. (типовое значение для крупной компании среднего звена, используемое как база для расчётов). Методика расчёта основана на подходах, изложенных в работе Kendall и Rollins [12], адаптированных к российским условиям. Базовые значения показателей (35% проектов с превышением сроков, 3–4 недели реакции, 55% загрузки) получены на основе опроса 15 менеджеров проектов из 5 компаний; прогнозные значения — на основе результатов апробации модели в пилотном проекте.

Таблица 1

Оценка экономического эффекта от внедрения двухрежимной модели

Показатель	Базовое значение	Прогнозное значение	Эффект
Доля проектов с критическим превышением сроков (>50% от плана)	35%	12%	Снижение потерь от срывов: 40–60 млн руб./год
Время реакции на критические изменения	3–4 недели	3–5 дней	Снижение непроизводительных затрат: 20–30 млн руб./год
Загрузка проектных ресурсов в периоды нестабильности	55%	75%	Повышение эффективности: 20–30 млн руб./год

Совокупный годовой эффект может составить: 80–120 млн руб. Затраты на внедрение модели (разработка методологии переключения режимов, обучение персонала, адаптация IT-систем) оцениваются в 10–15 млн руб. ROI в первый год внедрения может достигать 530–1100%.

Заключение

Разработанная двухрежимная адаптивная модель КСУП позволяет преодолеть противоречие между потребностью в стабильности и необходимостью адаптироваться к быстрым изменениям внешней среды.

Ключевой научный результат — операционализация синергетической парадигмы в прикладном менеджменте через определение конкретных количественных триггеров переключения между детерминированным и синергетическим режимами.

Практическая ценность модели подтверждена примерами из российской практики («Газпром инвест», «Газпром ЦПС», DOGMA) и расчётами экономической эффективности, показывающими возможный ROI на уровне 530–1100% в первый год внедрения.

Ограничения исследования: расчёты выполнены на основе модельных данных; для более точной оценки необходим анализ большего числа реальных внедрений в различных отраслях.

Литература

1. Гатаулина Д. От VUCA к BANI: эволюция неопределенности и устойчивость маркетинговых стратегий [Электронный ресурс] // Реаспект. — 2025. — URL: https://www.reaspekt.ru/blog/ot-vuca-k-bani-evolyutsiya-neopredelennosti-i-ustoychivost-marketingovykh-strategiy/
2. Команда «Газпром инвест» — чемпионы проектного управления [Электронный ресурс] // РБК Компании. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/GTT1TL21MV/komanda-gazprom-invest---chempionyi-proektnogo-upravleniya/
3. The Value of Project Management [Электронный ресурс] // Ontario Society of Professional Engineers (OSPE). — 2026. — URL: https://ospe.on.ca/professional-development/the-value-of-project-management/
4. «Технологии Доверия» представила исследование российского рынка PPM-систем [Электронный ресурс] // Ведомости. — 2025. — URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2025/11/20/tehnologii-doveriya-predstavila-issledovanie-rossiiskogo-rinka-ppm-sistem
5. Тесленко П.А. Эволюционно-синергетическая парадигма управления проектами // CyberLeninka. — 2024. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsionno-sinergeticheskaya-paradigma-upravleniya-proektami
6. Прибытков С.Н. Управление проектами на основе принципов синергетики // CyberLeninka. — 2025. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proektami-na-osnove-printsipov-sinergetiki
7. Григорьева А.В., Сурина А.В. Эффект бабочки как инструмент управления инновациями в условиях VUCA-мира // Управление инновациями в условиях цифровой трансформации: сборник научных трудов. — СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. — DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-285
8. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 2022 (переиздание)
9. Грузина Ю.М. Синергетический подход к интеграции проектного менеджмента: новые парадигмы управления // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 5. — URL: https://esj.today/08ECVN525.html
10. Кейс внедрения Timetta в «Газпром ЦПС» [Электронный ресурс] // Timetta. — 2025. — URL: https://timetta.com/ru/blog/timetta-conference-project-office-2025
11. DOGMA: аналитика как путь к трансформации [Электронный ресурс] // OSP.ru. — 2025. — URL: https://www.osp.ru/articles/2025/0916/13059924
12. Kendall G.I., Rollins S.C. Advanced Project Portfolio Management and the PMO. — J. Ross Publishing, 2021.
13. Tóth B. Combining PMI with VUCA Framework: An Approach to Assessing Project Risk in a BANI World. — University of Porto, 2026.
14. APM. AI-native project management: What the modern project management toolkit looks like in 2026 [Электронный ресурс] // Association for Project Management. — 2026. — URL: https://www.apm.org.uk
15. Tempo Team. 2026 State of Strategic Portfolio Management Report [Электронный ресурс] // Tempo Software. — 2026.

From determinism to adaptability: a synergetic model of a corporate project management system in an uncertain environment

Orleanskiy P.A., Tolmachev O.L.
Moscow Financial and Industrial University (MFPU) «Synergy»

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the methodological limitations of deterministic approaches to project management in VUCA and BANI environments. Based on the synthesis of Hermann Haken's self-organization theory, Ilya Prigogine's concept of dissipative structures, and modern approaches to organizational change management, an adaptive CPMS model with two modes of operation — stable and turbulent (synergetic) — has been developed. Quantitative triggers for switching modes are defined (coefficient of variation of key parameters >30%, speed of environmental change, and team maturity level). The results of approbation are presented: the Gazprom Invest team, thanks to a pre-established reserve for unforeseen changes, successfully implemented a project under conditions of high uncertainty at the All-Russian Project Management Tournament. An economic effect calculation for a company with a project portfolio of 1 billion rubles is presented — 80–120 million rubles per year.

Keywords: synergetic management, project management, adaptive model, self-organization, VUCA environment, BANI environment, nonlinear dynamics.

References

1. Gataulina D. From VUCA to BANI: Evolution of Uncertainty and Sustainability of Marketing Strategies. *Reaspect*. 2025. URL: https://www.reaspekt.ru/blog/ot-vuca-k-bani-evolyutsiya-neopredelennosti-i-ustoychivost-marketingovykh-strategiy/
2. Gazprom Invest Team — Champions of Project Management. *RBC Companies*. 2025. URL: https://companies.rbc.ru/news/GTT1TL21MV/komanda-gazprom-invest---chempionyi-proektnogo-upravleniya/
3. The Value of Project Management. *Ontario Society of Professional Engineers (OSPE)*. 2026. URL: https://ospe.on.ca/professional-development/the-value-of-project-management/
4. «Technologies of Trust» Presented a Study of the Russian PPM Systems Market. *Vedomosti*. 2025. URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2025/11/20/tehnologii-doveriya-predstavila-issledovanie-rossiiskogo-rinka-ppm-sistem
5. Teslenko P.A. Evolutionary-Synergetic Paradigm of Project Management. *CyberLeninka*. 2024. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsionno-sinergeticheskaya-paradigma-upravleniya-proektami
6. Pribytkov S.N. Project Management Based on Synergetic Principles. *CyberLeninka*. 2025. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proektami-na-osnove-printsipov-sinergetiki
7. Grigorieva A.V., Surina A.V. The Butterfly Effect as a Tool for Innovation Management in a VUCA World. In: *Management of Innovations in the Context of Digital Transformation: Collection of Scientific Papers*. Saint Petersburg, POLITEKH-PRESS Publ., 2025, pp. XX–XX. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-285
8. Haken H. *Synergetics*. Moscow, Mir Publ., 2022 (reprint)
9. Gruzina Yu.M. Synergetic Approach to Project Management Integration: New Management Paradigms. *Bulletin of Eurasian Science*, 2025, vol. 17, no. 5. URL: https://esj.today/08ECVN525.html
10. Timetta Implementation Case at «Gazprom CPS». *Timetta*. 2025. URL: https://timetta.com/ru/blog/timetta-conference-project-office-2025
11. DOGMA: Analytics as a Path to Transformation. *OSP.ru*. 2025. URL: https://www.osp.ru/articles/2025/0916/13059924
12. Kendall G.I., Rollins S.C. *Advanced Project Portfolio Management and the PMO*. J. Ross Publishing, 2021
13. Tóth B. *Combining PMI with VUCA Framework: An Approach to Assessing Project Risk in a BANI World*. University of Porto, 2026
14. APM. *AI-native Project Management: What the Modern Project Management Toolkit Looks Like in 2026*. Association for Project Management, 2026. URL: https://www.apm.org.uk
15. Tempo Team. *2026 State of Strategic Portfolio Management Report*. Tempo Software, 2026

Модели управления строительными процессами на основе цифровых платформ

Пелешок Александр Александрович
аспирант, Научно-исследовательский центр информатизации министерства иностранных дел Российской Федерации, alexander.peleshok@gmail.com

В статье рассматриваются современные подходы к управлению строительными процессами с применением цифровых платформ. Раскрываются типовые модели цифрового управления, применяемые в строительной отрасли, анализируется их эффективность и особенности внедрения. Обоснована актуальность цифровизации управления в контексте перехода к Индустрии 4.0. Представлены примеры отечественных и зарубежных цифровых решений в строительстве, обсуждаются перспективы развития и факторы, сдерживающие распространение цифровых технологий.
Ключевые слова: цифровизация, строительные процессы, управление строительством, цифровые платформы, BIM, автоматизация.

Переход к цифровой модели управления строительными процессами стал одним из ключевых направлений развития современной строительной отрасли. Повышение сложности проектов, рост требований к качеству, срокам и прозрачности реализации, а также внедрение принципов устойчивого строительства способствуют необходимости коренной трансформации управленческих подходов. Цифровые платформы, вбирающие в себя возможности информационного моделирования, облачных вычислений и аналитики больших данных, становятся основой новой архитектуры строительного менеджмента.

Целью настоящей статьи является анализ существующих моделей управления строительными процессами с опорой на цифровые платформы, а также выявление факторов, определяющих эффективность их применения.

Цифровая трансформация в строительстве основывается на интеграции технологических решений, охватывающих полный жизненный цикл объекта – от проектирования до эксплуатации. Ключевыми методологическими подходами, легшими в основу цифровых моделей управления, являются:

– концепция жизненного цикла строительного объекта (LCM);

– модель Building Information Modeling (BIM);

– системный подход и логистика строительных процессов;

– принципы Lean-управления и Agile-менеджмента; – цифровая инженерия и цифровые двойники.

Информационное моделирование (BIM) выступает центральной технологией цифровизации строительства, позволяющей формировать единую цифровую среду, объединяющую архитектурные, инженерные, финансовые и логистические данные. Модель цифрового двойника обеспечивает динамическое отображение характеристик объекта в реальном времени и интеграцию с IoT-устройствами, средствами мониторинга и управления.

BIM-платформы (Autodesk Revit, ArchiCAD, Renga) позволяют создать цифровую модель объекта с полной информацией о его структуре, свойствах материалов, инженерных сетях и технологических параметрах. Управление осуществляется на основе календарных графиков, сметных расчётов и сценариев эксплуатации, интегрированных в модель. BIM обеспечивает согласованность действий всех участников проекта, снижает количество ошибок и позволяет прогнозировать риски [4]. С развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в строительной отрасли формируется направление, связанное с внедрением гибридных моделей управления, сочетающих платформенные решения с интеллектуальными механизмами обработки данных. Такие модели основаны на применении алгоритмов предиктивной аналитики для прогнозирования рисков, отклонений от графика, износа оборудования и конструкций. Они интегрируют данные из BIM, ERP, CRM и сенсорных систем (SCADA, IoT), формируя на их основе сценарии реагирования и рекомендации для менеджмента проектов.

Примером может служить использование ИИ-модулей в программных комплексах типа Oracle Aconex или Autodesk Construction Cloud, где на основе анализа прошлых проектов, темпов строительства, погодных условий и поведенческих моделей участников формируются предсказания возможных задержек и рекомендации по перераспределению ресурсов. Такие модели особенно актуальны в условиях масштабных и многоэтапных проектов с высокой степенью неопределённости [1].

Отдельного внимания заслуживает модель цифровой экосистемы, разрабатываемая крупными девелоперами и строительными холдингами. Речь идёт не просто о внедрении отдельных цифровых решений, а о создании единого цифрового пространства, включающего управление проектированием, строительством, снабжением, кадрами, продажами и эксплуатацией объектов. Такие экосистемы, как правило, строятся на базе собственных или кастомизированных платформ (например, «ПИК-Платформа», «Etalon Smart», «Самолёт.Digital»), с возможностью масштабирования и адаптации под различные типы проектов.

В рамках цифровых экосистем реализуются [2]:

– единые каталоги строительных материалов с автоматическим формированием заявок;

– цифровые паспорта объектов недвижимости с данными из ЕГРН и Росреестра;

– интеграция с платформами электронных торгов и государственными информационными системами;

– автоматическое планирование загрузки техники и бригад.

Таким образом, цифровые экосистемы представляют собой высший уровень зрелости цифрового управления, позволяя контролировать не только отдельные процессы, но и всю цепочку создания и эксплуатации объекта.

Современная строительная отрасль Российской Федерации демонстрирует устойчивую тенденцию к цифровой трансформации, однако полноценный переход к интегрированным цифровым моделям управления требует преодоления структурных, технологических и нормативных препятствий [3]. Перспективы развития можно рассматривать в нескольких направлениях: институциональное закрепление стандартов, формирование национальной цифровой платформы, развитие отечественного программного обеспечения, а также подготовка кадров для цифровой экономики [5].

Одним из важнейших условий эффективной цифровизации является создание единой нормативно-правовой базы, обеспечивающей обязательность и унифицированность цифровых процедур. В настоящее время требования к применению BIM-технологий содержатся лишь в отдельных документах (например, Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 № 331), однако они не охватывают весь жизненный цикл объекта и не являются обязательными для всех участников строительства. В перспективе необходима разработка отраслевых стандартов, регламентирующих не только использование BIM, но и интеграцию с ERP, IoT-системами, платформами ГИС и ГИСОГД, а также реализацию принципа сквозного управления [4].

Разрозненность цифровых решений, используемых в строительной отрасли, препятствует их масштабируемости. Требуется создание единой цифровой экосистемы, в которую будут интегрированы проектные, инженерные, управленческие и надзорные функции. Такая система должна обеспечивать:

– электронное взаимодействие между всеми участниками проекта в режиме реального времени;

– автоматическую проверку проектной документации на соответствие нормам;

– цифровое сопровождение на всех этапах: от получения разрешений до ввода в эксплуатацию;

– сквозную идентификацию объектов и действий участников через единый реестр данных.

Реализация подобных задач требует скоординированных усилий со стороны Минстроя РФ, Минцифры, Росреестра и других ведомств. Необходимым шагом может стать масштабирование проекта «Национальная система управления данными о строительстве» и её интеграция с платформой «Госуслуги», ЕГРЗ, ФГИС ЦС и другими ИС.

В условиях санкционного давления особую значимость приобретает развитие отечественных программных решений в области информационного моделирования и управления строительными проектами. Импортозамещение в этой сфере пока не достигло должного уровня: большая часть профессиональных BIM-средств, ERP и PLM-систем принадлежит иностранным разработчикам (Autodesk, Bentley, Oracle и др.). Создание конкурентоспособных российских аналогов требует государственной поддержки, стимулирования разработчиков, предоставления грантов и внедрения инновационных решений в государственных закупках.

Успешным примером является развитие платформ «Renga», «БИМ-ЛАЙН», «1С:Проектное управление», однако их функционал пока уступает зарубежным аналогам. Необходимо расширение интерфейсов совместимости, реализация openBIM-подходов, развитие мобильных решений и интеграции с платформами документооборота и аналитики [1].

Невозможно обеспечить массовый переход к цифровому строительству без соответствующего кадрового ресурса. Современные образовательные программы в вузах, как правило, слабо интегрируют дисциплины, связанные с BIM-моделированием, управлением проектами на цифровых платформах, предиктивной аналитикой и цифровыми двойниками. Также недостаточно распространены программы повышения квалификации для инженеров, проектировщиков, прорабов и специалистов по снабжению.

Перспективным направлением является развитие корпоративных учебных центров при крупных строительных холдингах, внедрение дуального образования, интеграция цифровых инструментов в учебные курсы, а также создание сертификационных центров по ключевым программным продуктам.

В ближайшем будущем возможно внедрение модели так называемого «цифрового контракта» в строительстве – формата, при котором все условия договора, техническое задание, сроки, графики и расчёты закрепляются в цифровой среде, интегрированной с информационной моделью объекта. Такая форма контракта позволит в автоматическом режиме отслеживать исполнение обязательств, фиксировать отклонения и формировать обоснованные претензии или корректировки [2]. Это повысит уровень доверия между заказчиком и подрядчиком, сократит количество споров и повысит прозрачность инвестиций.

Растущее значение приобретают модели, основанные на концепции открытого кода и openBIM-стандартов (например, IFC, BCF, COBie). Они обеспечивают совместимость между различными программными продуктами, сокращая зависимость от конкретных вендоров и позволяя малым и средним предприятиям участвовать в цифровизации на равных правах. Распространение таких решений, как FreeCAD, BlenderBIM, IfcOpenShell, Exon и др., способствует формированию открытого цифрового пространства в строительстве, где возможна интеграция данных независимо от используемой платформы.

Особенность openBIM-моделей состоит в демократизации цифрового управления и повышении устойчивости цифровой среды, особенно в условиях импортозамещения и ограничений на использование зарубежного ПО [3].

Данная модель применяется для управления строительством и эксплуатацией объектов в режиме реального времени. С помощью цифрового двойника осуществляется сбор данных с датчиков, анализ отклонений от проектных параметров, прогноз технического состояния. Использование платформ типа Bentley iTwin позволяет повысить надёжность мониторинга и сократить затраты на обслуживание. Крупные строительные компании внедряют ERP-системы (SAP, 1С: ERP, Oracle) для интеграции процессов планирования, снабжения, бюджетирования и контроля. В сочетании с PLM (Product Lifecycle Management) такие системы обеспечивают сквозное управление жизненным циклом объекта. Интеграция с BIM позволяет добиться автоматизации документооборота и прозрачности на всех этапах.

Растёт популярность облачных сервисов (Exon.СУИД, PlanRadar, Procore, Aconex), обеспечивающих координацию задач, хранение документации, отслеживание замечаний и коммуникацию между участниками. Они позволяют минимизировать бумажный документооборот, ускорить передачу данных и повысить мобильность персонала на строительной площадке.

Преимущества и ограничения цифровых моделей.

Ключевыми преимуществами цифрового управления являются:

– повышение точности планирования и мониторинга; – снижение издержек и оптимизация сроков; – прозрачность процессов и контроль исполнения; – интеграция участников и упрощение взаимодействия.

Однако распространение цифровых моделей сдерживается рядом факторов:

– фрагментированность нормативной базы;

– нехватка квалифицированных специалистов;

– высокие издержки на внедрение и обучение; – риски кибербезопасности.

Перспективы развития:

Цифровая трансформация строительной отрасли предполагает развитие национальных платформ (например, Единая цифровая платформа в рамках «Умного города»), поддержку openBIM-стандартов и развитие отечественного ПО. В условиях государственной поддержки цифровизации (Минстрой РФ, нацпроект «Цифровая экономика») ожидается расширение применения BIM и цифровых двойников в инфраструктурных проектах, а также усиление интеграции между проектировщиками, подрядчиками и эксплуатирующими организациями.

Анализ представленных моделей цифрового управления строительными процессами позволяет сделать вывод о системной трансформации, происходящей в строительной отрасли под влиянием информационных и платформенных технологий. Современные цифровые решения (BIM, цифровые двойники, ERP-системы, облачные платформы) перестали быть вспомогательными инструментами и стали ключевым элементом архитектуры управления строительным проектом. Их внедрение обеспечивает не только повышение эффективности конкретных операций, но и создаёт основу для перехода к принципиально иному типу управления – интегрированному, сквозному, аналитически обоснованному.

Цифровые модели позволяют синхронизировать все этапы жизненного цикла строительного объекта – от концепции и проектирования до ввода в эксплуатацию и технической поддержки. В этом контексте особенно важным является развитие сквозных цифровых платформ, обеспечивающих взаимодействие всех участников инвестиционно-строительного процесса в режиме реального времени. Такие модели позволяют минимизировать число ошибок, ускорить согласования, повысить прозрачность расчётов и упростить процедуру государственного контроля.

Наиболее зрелыми в технологическом отношении являются BIM-ориентированные модели, которые постепенно интегрируются с ERP- и PLM-средами, формируя цифровую экосистему управления. Одновременно расширяется применение цифровых двойников, позволяющих не

только проектировать, но и моделировать эксплуатационные сценарии, прогнозировать поведение конструкций и управлять техническим обслуживанием на основе предиктивной аналитики. Эти подходы становятся особенно актуальными в реализации крупных инфраструктурных и городских проектов, требующих высокой степени координации и надёжности.

Несмотря на значительные успехи, цифровизация управления строительными процессами сталкивается с рядом барьеров. Среди ключевых проблем – недостаточное нормативно-правовое регулирование, отсутствие универсальных стандартов взаимодействия, фрагментированность цифровых решений и низкий уровень цифровой зрелости многих компаний. Внедрение цифровых моделей требует не только технологической адаптации, но и серьёзных организационных изменений, подготовки специалистов нового профиля, развития образовательных программ и сертификационных систем.

Особое значение приобретает формирование единого цифрового пространства на уровне государства. Интеграция строительных платформ с ГИСОГД, ЕГРЗ, платформой «Госуслуги» и иными информационными системами позволит создать инфраструктуру цифрового доверия и обеспечит контроль над реализацией национальных проектов. Такие меры способны не только повысить эффективность строительного сектора, но и сократить коррупционные риски, упростить процедуры согласования и обеспечить устойчивое развитие территорий.

Таким образом, модели цифрового управления строительством представляют собой не просто инструментальную инновацию, а концептуальный сдвиг в парадигме управления. Их успешная реализация способна обеспечить переход от фрагментарного и бумажного строительства к открытому, системному и экономически обоснованному управлению объектами капитального строительства. При должной институциональной поддержке, кадровом обеспечении и технологической независимости Россия может не только адаптировать, но и развивать собственные платформенные решения, способные конкурировать на глобальном рынке.

Цифровые платформы открывают новые горизонты для управления строительными процессами, обеспечивая качественный скачок в эффективности, устойчивости и прозрачности отрасли. Их внедрение требует системного подхода, сопряжённого с модернизацией нормативной базы, инвестициями в цифровую инфраструктуру и подготовкой кадров. Только при комплексной цифровой трансформации можно добиться конкурентоспособности строительной отрасли в условиях новой технологической реальности.

Литература

1. Горбова И. Н., Аванесова Р. Р., Мусаев М. М. Цифровая трансформация строительной отрасли России //Вестник Академии знаний. – 2023. – №. 2 (55). – С. 46-51.
2. Смышляева Е. Г. Актуальность использования BIM-технологий в строительной отрасли //Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – №. 3. – С. 279-282.
3. Федорова А. В., Кузьменков А. А. Цифровая трансформация строительной отрасли в области мониторинга строительных ресурсов //Экономика строительства. – 2021. – №. 5 (71). – С. 27-47.
4. Чернявский И. А., Ларин Н. С. Цифровизация процессов на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства //Инженерный вестник Дона. – 2023. – №. 4 (100). – С. 773-785.
5. Шкурина Е. Р., Благиных Е. А. Перспективы цифровой трансформации строительной отрасли //Вызовы цифровой экономики: технологический суверенитет и экономическая безопасность. – 2023. – С. 659-665.

Models of Construction Process Management Based on Digital Platforms

Peleshok A.A.

Research Center for Informatization of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article explores current models of managing construction processes through digital platforms. It examines the integration of digital technologies such as Building Information Modeling (BIM), digital twins, cloud-based systems, and ERP platforms into construction project management. The advantages of digital transformation, including increased efficiency, transparency, and coordination between stakeholders, are analyzed. The study also highlights the key challenges to digital implementation in the construction industry and outlines prospects for further development of digital management frameworks.

Keywords: digitalization, construction process management, digital platforms, BIM, digital twin, project management, construction technology, ERP systems, cloud platforms, construction industry innovation.

References

1. Gorbova I. N., Avanesova R. R., Musaev M. M. Digital transformation of the Russian construction industry // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2023. – No. 2 (55). – pp. 46-51.
2. Smyshlyaeva E. G. Relevance of using BIM technologies in the construction industry // Bulletin of Science and Practice. – 2022. – Vol. 8. – No. 3. – pp. 279-282.
3. Fedorova A. V., Kuzmenkov A. A. Digital transformation of the construction industry in the field of monitoring construction resources // Construction Economics. – 2021. – No. 5 (71). – pp. 27-47.
4. Chernyavsky I. A., Larin N. S. Digitalization of processes at all stages of the life cycle of a capital construction project // Engineering Bulletin of the Don. – 2023. – No. 4 (100). – pp. 773-785.
5. Shkurina E. R., Blaginykh E. A. Prospects for digital transformation of the construction industry // Challenges of the Digital Economy: Technological Sovereignty and Economic Security. – 2023. – pp. 659-665.

Методика управления формированием и развитием управленческих кадров организаций, занимающихся разработкой программных продуктов

Польдвей Роман Григорьевич
аспирант, ОмГТУ, gomer911.85@mail.ru

Цифровая трансформация экономики усиливает требования к качеству управленческих кадров организаций, занимающихся разработкой программных продуктов. Высокая динамика технологической среды, усложнение проектной деятельности, распространение распределенных команд и рост конкуренции за квалифицированных специалистов обусловливают необходимость создания системной методики управления формированием и развитием менеджеров. В статье представлена авторская методика, основанная на интеграции процессного, проектного и компетентностного подходов. Методика включает диагностику, проектирование индивидуальных планов развития, реализацию обучающих мероприятий, мониторинг и итоговую оценку результатов. Апробация методики проведена на базе группы компаний АТОЛ на выборке из 32 менеджеров. Установлено, что применение методики обеспечивает рост интегральных показателей управленческой эффективности, расширение кадрового резерва и повышение результативности проектной деятельности. Полученные результаты подтверждают практическую значимость методики как инструмента системного управления управленческими кадрами в цифровых организациях.

Ключевые слова: управленческие кадры, цифровые организации, разработка программных продуктов, компетентностный подход, кадровый резерв, индивидуальный план развития.

Введение

Организации, занимающиеся разработкой, сопровождением и продвижением программных продуктов, функционируют в условиях высокой неопределенности, ускоренных инновационных циклов и постоянного обновления технологических решений. В таких условиях качество управленческих кадров выступает ключевым фактором устойчивости, эффективности координации проектной деятельности и способности компании сохранять конкурентные позиции на рынке. При этом практика показывает, что во многих организациях развитие менеджеров осуществляется фрагментарно, без единой системы диагностики, планирования и контроля результатов. Это снижает воспроизводимость кадровых решений и ограничивает возможности долгосрочного формирования кадрового резерва [7].

Актуальность исследования определяется тем, что традиционные подходы к развитию руководителей ориентированы преимущественно на организации с устойчивыми производственными циклами и менее выраженной проектной динамикой. В цифровой среде управленческие кадры должны сочетать лидерские качества, понимание логики разработки программных продуктов, навыки координации распределенных команд и способность принимать решения в условиях неопределенности. Следовательно, требуется методика, которая одновременно учитывает специфику информационно-технологической деятельности, обеспечивает формализованную оценку результатов и допускает адаптацию к особенностям конкретной организации [4].

Цель статьи состоит в разработке и представлении методики управления формированием и развитием управленческих кадров организаций, занимающихся разработкой программных продуктов, а также в обосновании ее практической результативности на основе апробации в корпоративной среде.

Материалы и методы

Методологическую основу исследования составляет процессный подход, в рамках которого формирование и развитие управленческих кадров рассматриваются как последовательность взаимосвязанных и управляемых действий. Для учета специфики цифровых организаций процессный подход дополнен проектным и компетентностным подходами. Такая интеграция позволяет, с одной стороны, обеспечить управляемость и воспроизводимость кадровых процедур, а с другой — связать развитие менеджеров с проектной деятельностью и набором конкретных компетенций, значимых для организаций-разработчиков программных продуктов.

В ходе исследования использовались методы системного анализа научной литературы, экспертной оценки, структурированного интервью, оценки методом «360 градусов», анализа результатов проектной деятельности и математического моделирования интегральных показателей эффективности. Эмпирической базой выступила ГК АТОЛ — российская компания-разработчик программных продуктов для ритейла, насчитывающая более 500 сотрудников. Выборка формировалась методом сплошного охвата: в апробации участвовали все 32 менеджера трёх структурных подразделений (департамент разработки, служба технической поддержки, проектный офис), из них 5 представителей высшего звена, 18 руководителей среднего звена и 9 линейных менеджеров. Первичная оценка проводилась независимыми HR-специалистами компании с использованием ассессмент-центра и опросника методом "360 градусов" в январе 2025 года. Временной горизонт исследования охватывал период с января по декабрь 2024 года с построением прогнозной оценки на 2025 год.

Литературный обзор

Разрабатываемая методика исходит из того, что управленческие кадры в организациях, создающих программные продукты, формируются не только в рамках формального обучения, но и в процессе участия в проектной деятельности, решения нестандартных задач и взаимодействия с командами [1]. Поэтому объектом управления выступает не отдельный сотрудник, а совокупность условий, процедур и механизмов, обеспечивающих выявление перспективных менеджеров, развитие их компетенций и принятие кадровых решений на основе объективных данных [3].

В авторской логике процесс формирования и развития управленческих кадров трактуется как циклический и непрерывный. Он охватывает первичную диагностику, определение дефицитов компетенций, разработку индивидуальных планов развития, организацию обучения, сопровождение в рамках проектной деятельности и итоговую оценку достигнутых результатов [2]. Существенным принципом методики является модульность, позволяющая изменять инструменты и вес отдельных показателей в зависимости от масштаба организации, зрелости ее процессов и характера реализуемых программных продуктов.

Предлагаемая методика включает пять взаимосвязанных этапов. На первом этапе проводится диагностика управленческих и цифровых компетенций с использованием ассессмента, анкетирования, анализа ключевых показателей деятельности и оценки методом «360 градусов». Результатом этапа становится индивидуальный профиль компетенций менеджера. На втором этапе осуществляется проектирование траекторий развития и формирование индивидуальных планов развития. На третьем этапе реализуются образовательные и проектные мероприятия, направленные на устранение выявленных дефицитов [5]. Четвертый этап предполагает мониторинг динамики показателей и корректировку индивидуальных планов. На пятом этапе проводится итоговая оценка результатов с последующим принятием решений о продвижении, включении в кадровый резерв, дополнительном развитии либо функциональной ротации [6].

Ключевым инструментом количественной оценки выступает коэффициент эффективности менеджера, рассчитываемый по формуле: Кэф = 0,30·V + 0,50·Q + 0,20·C, где V отражает нормированную оценку объема выполненной работы, Q — нормированную оценку качества результатов, C — нормированную оценку сложности реализуемых задач. На основе коэффициента и дополнительных индикаторов рассчитывается интегральный индекс управленческой эффективности Ima, позволяющий распределять менеджеров по категориям эффективности и связывать результаты оценки с конкретными управленческими решениями. Такое построение методики обеспечивает прозрачность кадровой политики и повышает обоснованность решений о развитии руководителей.

Результаты

В современных условиях деятельности организаций, специализирующихся на создании, сопровождении и внедрении программного обеспечения и продуктов информационных технологий, вопрос подготовки и развития управленческих руководителей является важнейшим стратегическим вопросом [10]. Стремительные рыночные преобразования, ускоренные инновационные циклы и усложнение технологических проектов требуют от менеджеров передовых управленческих компетенций: способности прогнозировать изменения, координировать деятельность и эффективно мобилизовывать распределённые команды [9]. Разработанная методика направлена на решение выявленных организационных проблем и учитывает индивидуальные потребности менеджеров в профессиональном развитии, что подтверждается результатами апробации, представленными ниже.

Методической основой исследования является процессный подход, рассматривающий формирование и развитие управленческих кадров как управляемую последовательность взаимосвязанных действий.

В рамках процессного подхода интегрированы элементы проектного и компетентностного подходов, что позволило сформировать авторский комплексно-гибридный подход к развитию управленческих кадров цифровых организаций.

Авторский подход обоснован спецификой цифровых организаций, для которых характерны проектная форма деятельности, высокая изменчивость среды и необходимость быстрой трансформации управленческих компетенций.

Описываемая методика прошла апробацию в ГК АТОЛ в 2024 году. Цель методики — обеспечение управляемого, воспроизводимого и результативного процесса формирования и развития управленческих кадров цифровых организаций на основе процессного подхода и проектно-ориентированной деятельности.

Методика реализуется в форме циклического управленческого процесса, включающего пять взаимосвязанных этапов (табл. 1).

Таблица 1

Процессная структура методики управления формированием и развитием управленческих кадров

Этап	Содержание этапа	Инструменты	Результат
1. Диагностика	Оценка уровня управленческих и цифровых компетенций	Ассессмент, KPI, анкетирование	Профиль компетенций
2. Проектирование	Формирование индивидуальных и групповых траекторий развития	ИПР, стратегические карты	План развития
3. Реализация	Включение в проектную деятельность	Проектные команды, цифровые платформы	Развитие компетенций
4. Мониторинг	Контроль динамики развития	KPI, проектные метрики	Корректировка

Методика также включает в себя **Глобальный индекс компетенций менеджеров (GMCI),** который сочетает в себе такие элементы, как способность управлять сложностью проекта, оптимизировать ресурсы и обеспечивать согласованность между индивидуальными и организационными целями. Этот индекс, рассчитанный на основе взвешенной комбинации операционных и поведенческих факторов, представляет собой синтетическую меру эффективности управления и служит основой для планирования профессионального развития и обучения.

Таблица 2

Распределение менеджеров по категориям эффективности на начало апробации [составлено автором]

Категория	Диапазон Ima	Количество, n	Доля, %
Самые высокоэффективные	Ima ≥ 0,90	2	6,3
Высокоэффективные	0,75 ≤ Ima < 0,90	5	15,6
Менеджеры по развитию	0,60 ≤ Ima < 0,75	14	43,8
Значительные потребности в улучшении	0,45 ≤ Ima < 0,60	9	28,1
Критическая производительность	Ima < 0,45	2	6,3

Удельный вес показателей устанавливается таким образом, чтобы отразить стратегические приоритеты организации: выполнение задач составляет 30% итогового балла, качество результатов – 50%, а способность управлять сложными ситуациями – 20%. Такое распределение позволяет одновременно ценить операционную эффективность, соответствие стандартам качества и способность преодолевать непредвиденные вызовы.

Таблица 3

Динамика интегрального индекса Ima и коэффициента Кэф по категориям менеджеров [составлено автором]

Категория	n	Ima 2024	Ima 2025	Δ Ima	Кэф 2024	Кэф 2025	Δ Кэф
Самые высокоэффективные	2	0,921	0,951	+0,030	0,909	0,934	+0,025
Высокоэффективные	5	0,812	0,863	+0,051	0,812	0,848	+0,036
Менеджеры по развитию	14	0,672	0,744	+0,072	0,672	0,726	+0,054
Знач. потребности в улучшении	9	0,510	0,624	+0,114	0,510	0,598	+0,088
Критическая производительность	2	0,348	0,482	+0,134	0,348	0,451	+0,103
Среднее по выборке	32	0,612	0,717	+0,105	0,638	0,726	+0,088

Апробация методики проводилась в трех подразделениях группы компаний АТОЛ: департаменте разработки программных продуктов, службе технической поддержки и проектном офисе. На начальном этапе средневзвешенное значение интегрального индекса Ima по выборке составило 0,612, что соответствует категории менеджеров по развитию.

Результаты апробации методики управления формированием и развитием управленческих кадров в ГК АТОЛ позволяют констатировать её практическую работоспособность и организационную применимость. Фактически измеренное значение Ima на конец 2024 года составило 0,702. Прогнозное значение на 2025 год (0,717) построено на основе линейной экстраполяции динамики четвёртого квартала и требует верификации по итогам отчётного периода. Для проверки статистической значимости изменений применён критерий Вилкоксона ($p < 0,05$). За период реализации апробации (2024 год) среднее значение интегрального индекса Ima по выборке ($n = 32$) возросло с 0,612 до прогнозного значения 0,717 (+17,2%), коэффициент Кэф увеличился с 0,638 до 0,726 (+13,8%). Целевых значений ИПР достигли 26 из 32 участников (81,3%). Доля менеджеров в двух верхних категориях эффективности увеличилась более чем вдвое — с 21,9% до 46,9%. Зафиксированы значимые положительные изменения в организационных метриках: снижение текучести управленческих кадров, рост eNPS, улучшение проектных результатов. Ре-

зультаты апробации подтвердили работоспособность разработанной методики и обоснованность предложенной концептуальной модели, продемонстрировав её эффективность как инструмента системного управления кадровым потенциалом в организациях, функционирующих в условиях цифровой экономики.

Обсуждение

С практической точки зрения методика представляет интерес для организаций-разработчиков программных продуктов как инструмент не только оценки, но и формирования кадрового резерва, планирования ротации и выстраивания прозрачной системы управленческого роста. Вместе с тем исследование имеет ограничения [8]. Они связаны с относительно небольшим объемом выборки, использованием данных одной компании и прогнозным характером части значений на 2025 год. Расширение эмпирической базы и проведение повторной апробации в других цифровых организациях позволит повысить надежность выводов и уточнить параметры интегральной модели.

Таким образом, предложенная процессно-ориентированная методика и разработанные рекомендации по её масштабированию позволяют перейти от фрагментарных подходов к развитию управленческих кадров к системному управлению кадровым потенциалом и могут быть использованы в качестве универсального инструмента повышения эффективности управления в организациях, функционирующих в условиях цифровой экономики.

Заключение

Разработанная методика управления формированием и развитием управленческих кадров организаций, занимающихся разработкой программных продуктов, обеспечивает системное соединение диагностики, проектирования индивидуальных траекторий развития, реализации обучающих мероприятий и оценки достигнутых результатов. Ее ключевым достоинством является сочетание процессной логики управления с проектной спецификой цифровых организаций и компетентностной моделью оценки менеджеров.

Апробация методики в группе компаний АТОЛ показала ее практическую результативность. Рост интегральных показателей эффективности, расширение кадрового резерва, улучшение распределения менеджеров по категориям результативности и позитивная динамика организационных показателей подтверждают, что предложенный подход может использоваться как действенный инструмент развития управленческого потенциала. Практическая ценность методики заключается в возможности ее адаптации к организациям различного масштаба и профиля, работающим в сфере разработки, сопровождения и продвижения программных продуктов. В перспективе развитие исследования связано с межорганизационной апробацией, уточнением системы весовых коэффициентов и построением цифрового контура мониторинга развития управленческих кадров.

Литература

1. Бураева Е. В., Фирсова О. Р. Современные тренды формирования кадрового потенциала в условиях цифровой трансформации экономики //Вестник аграрной науки. – 2022. – №. 4 (97). – С. 82-88.
2. Грачева И. В. Управление жизненным циклом продукта в области информационных технологий: методы и инструменты для оптимизации процессов и повышения эффективности //Вестник науки. – 2023. – Т. 2. – №. 12 (69). – С. 53-66.
3. Сдобняков В. В. Трансфункциональная технология управления развитием университета педагогического профиля //Непрерывное образование: XXI век. – 2025. – №. 1. – С. 2.
4. Солодкин В. С., Тяжкун Н. А. Методы управления командой проекта на жизненных этапах его реализации //Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – №. 5 (55). – С. 624-628.
5. Старых С. А. Процесс управления организацией в специфике мотивационных систем функционирования персонала //Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – №. 2. – С. 40.
6. Ташкинов А. Г. Разработка методологии agile и lean в авиадвигателестроительном предприятии //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – №. 47. – С. 121-150.
7. Хамурадов М. А., Мартынов К. С., Чхотуа Г. З. Информационное обеспечение управления кадровым потенциалом предприятий //Региональные проблемы преобразования экономики. – 2024. – №. 10 (168). – С. 25.
8. Shaposhnykov K. et al. Organizational and economic mechanism of development and promotion of IT products in Ukraine //Studies of Applied Economics. – 2021. – Т. 39. – №. 6.
9. Targba A., Osuji C. The impact of the integrated payroll and personnel information system (IPPIS) on the development of university education in Nigeria //Technology audit and production reserves. – 2023. – Т. 1. – №. 4/69. – С. 20-24.
10. Thavisin N., Karnchanckas T., Kongsomboon S. Motivation work that affects the work performance of personnel Bangbon district //Procedia of Multidisciplinary Research. – 2024. – Т. 2. – №. 10. – С. 60.

Management methodology for the formation and development of managerial personnel in software development organizations

Poldvey R.G.

OmGTU

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The digital transformation of the economy has increased the requirements for managerial personnel in software development organizations. A dynamic technological environment, growing project complexity, distributed teamwork, and competition for highly qualified specialists create the need for a systemic methodology for forming and developing managers. The paper presents an original methodology based on the integration of process, project, and competency-based approaches. The methodology includes diagnostics, design of individual development plans, implementation of training activities, monitoring, and final performance assessment. The methodology was tested at the ATOL Group of Companies on a sample of 32 managers. The results show growth in integrated managerial efficiency indicators, expansion of the talent pool, and improvement in project performance. The findings confirm the practical significance of the methodology as a tool for systemic management of managerial personnel in digital organizations.

Keywords: managerial personnel, digital organizations, software development, competency-based approach, talent pool, individual development plan.

References

1. Buraeva E. V., Firsova O. R. Current trends in the development of human resources in the context of the digital transformation of the economy // Bulletin of Agrarian Science. - 2022. - No. 4 (97). - Pp. 82-88.
2. Gracheva I. V. Product life cycle management in the field of information technology: methods and tools for optimizing processes and increasing efficiency // Bulletin of Science. - 2023. - Vol. 2. - No. 12 (69). - Pp. 53-66.
3. Sdobnyakov V. V. Transfunctional technology for managing the development of a pedagogical university // Continuous Education: 21st Century. - 2025. - No. 1. – P. 2.
4. Solodkin V. S., Tyazhkun N. A. Methods of managing a project team at the life stages of its implementation // Natural Sciences and Humanities. – 2024. – No. 5 (55). – P. 624-628.
5. Starykh S. A. The process of managing an organization in the specifics of motivational systems of personnel functioning // Bulletin of Eurasian Science. – 2023. – Vol. 15. – No. 2. – P. 40.
6. Tashkinov A. G. Development of agile and lean methodology in an aircraft engine-building enterprise // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Electrical Engineering, Information Technology, Control Systems. – 2023. – No. 47. – P. 121-150. 7. Khamuradov M. A., Martynov K. S., Chhotua G. Z. Information support for the management of human resources potential of enterprises // Regional problems of economic transformation. - 2024. - No. 10 (168). - P. 25.
8. Shaposhnykov K. et al. Organizational and economic mechanism of development and promotion of IT products in Ukraine // Studies of Applied Economics. - 2021. - Vol. 39. - No. 6.
9. Targba A., Osuji C. The impact of the integrated payroll and personnel information system (IPPIS) on the development of university education in Nigeria // Technology audit and production reserves. - 2023. - Vol. 1. - No. 4/69. - P. 20-24.
10. Thavisin N., Karnchanckas T., Kongsomboon S. Motivation work that affects the work performance of personnel Bangbon district //Procedia of Multidisciplinary Research. – 2024. – T. 2. – No. 10. – P. 60.

Разработка организационно-управленческой модели формирования управленческих кадров для ИТ-организаций в условиях цифровой трансформации

Польдвей Роман Григорьевич
аспирант, ОмГТУ, gomer911.85@mail.ru

В исследовании разработана трехэтапная модель (подготовительный, основной и заключительный этапы), включающая процедуры оценки и развития управленческих компетенций. Особенностью модели является комплексная оценка компетенций по трем направлениям: техническому, поведенческому и контекстному. Внедрение модели способствует повышению эффективности управления ИТ-проектами и улучшению согласованности между обучением персонала и стратегическими целями организации. Предложенная модель может быть использована в практике управления персоналом ИТ-компаний, а также интегрирована в системы непрерывного образования и профессиональной переподготовки руководителей. Ее применение способствует повышению устойчивости и эффективности человеческого капитала в условиях цифровых изменений.

Ключевые слова: управленческая подготовка, цифровые навыки, цифровая трансформация, организационная модель, управление проектами.

Введение

В условиях глобальной цифровой трансформации ИТ-организации переживают стремительные изменения в своих структурах, технологиях и требованиях к управлению [1]. Такая динамика требует внедрения новых моделей профессионального развития, способных реагировать на возрастающую сложность процессов управления в ИТ-подразделениях.

Обучение и повышение квалификации руководителей высшего звена больше не может ограничиваться передачей технических знаний; Они должны интегрировать поведенческие, организационные и стратегические навыки. Однако в научной литературе выявлено отсутствие единых моделей подготовки управленческих руководителей, специально адаптированных к цифровому сектору.

Одним из важнейших направлений современных исследований является эволюция содержания управленческих функций и профессиональных навыков в условиях цифровой трансформации.

Исследования по переподготовке и развитию ИТ-руководителей охватывают широкий круг вопросов: эволюция управленческих функций, трансформация информационных систем, приобретение новых навыков, адаптация программ обучения и внедрение инновационных стратегий [2]. Данные ориентации составляют теоретическую основу для построения организационно-управленческой модели подготовки ИТ-руководителей, адаптированной к современной цифровой трансформации.

Данное исследование призвано восполнить этот пробел путем предложения организационно-управленческой модели обучения ИТ-руководителей, основанной на компетентностном подходе и процессной логике.

Целью исследования является разработка организационно-управленческой модели обучения и развития управленческих навыков в ИТ-подразделениях, обеспечивающей их адаптацию к условиям цифровой среды.

Принятый методический подход основан на интеграции нескольких концептуальных рамок: системной парадигмы, компетентностного подхода, управления проектами и экономики знаний.

Материалы и методы

Эффективная модель формирования и развития управленческих навыков в ИТ-отделе компании включает несколько уровней. Концептуальная модель компетентностной оценки кадров управления в ИТ представлена на рисунке 1. Это лучший вариант, но вы можете от него отклониться по разным причинам.

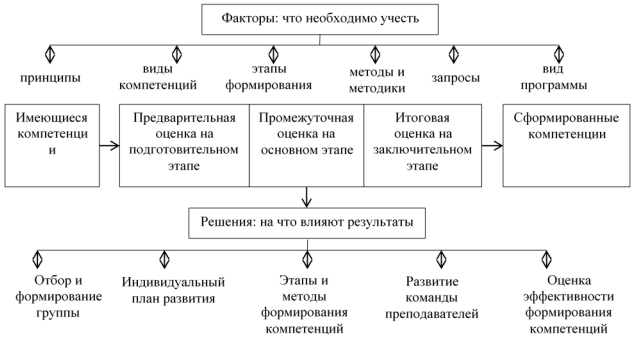


Рис. 1. Модель компетентностной оценки кадров управления в ИТ [составлено автором исследования]

Выводы технических экспертов подтверждаются принятыми стандартами и практиками оценки и развития человеческого капитала в инновационных организациях [3].

Определение уровня зрелости навыков является решающим этапом в процессе обучения. От этого зависит скорость и эффективность профессионального развития. Когда некоторые важные навыки недостаточно развиты, программа должна включать в себя индивидуальную систему поддержки. И наоборот, если ключевые компетенции уже присутствуют, процесс может быть непосредственно нацелен на их развитие

или стратегическую контекстуализацию. Гибкость такого подхода обеспечивает прогресс, адаптированный к реальным потребностям участников и к специфике управленческих задач в цифровых средах [7].

Синтетическая методика оценки компетенций в проектно-ориентированных программах подготовки управленческих кадров (таблица 1) выделяет множественность вовлеченных субъектов: преподавателей, тьюторов, профессиональных экспертов, линейных руководителей и представителей профессиональных сообществ [4].

Таблица 1

Синтетическая методика оценки компетенций в проектно-ориентированных программах подготовки управленческих кадров [составлено автором исследования]

Этап / тип оценки	Основные методы и процедуры	Задействованные актеры	Результаты и характеристики
1. Первичная оценка (подготовительный этап)	Отбор участников, позиционные интервью, диагностические анкеты.	Представители компаний, координаторы программ.	Позволяет определить начальный уровень, скорректировать цели и определить области прогресса. Преимущество: простота и скорость. Предел: субъективность оценок.
2. Промежуточная оценка (в процессе обучения)	Наблюдение, тематические исследования, моделирование проекта, рефлексивная самооценка.	Участники, тренеры, тьюторы, внутренние эксперты.	Динамический анализ достигнутого прогресса, адаптация содержания тренинга. Преимущество: повышенная надежность данных. Ограничение: сильная зависимость от опыта оценщика.
3. Окончательная оценка (фаза закрытия)	Презентация и защита проекта, оценка жюри, аудит эффективности.	Участники, тьюторы, профессиональные эксперты, представители ассоциаций.	Оценка приобретенных навыков, валидация проекта и результатов обучения. Преимущество: четкость и строгость. Ограничение: сосредоточьтесь только на проектных навыках.
4. Постпрограммный мониторинг (реализация и воздействие)	Анализ результатов проекта, обратная связь, отслеживание карьеры.	Работодатели, эксперты, бывшие участники.	Оценка фактического влияния программы на профессиональную и организационную эффективность. Преимущество: долгосрочное видение. Ограничение: слабая прямая связь с начальной подготовкой.

Эффективность модели управленческого обучения зависит от согласованности между институциональными целями, личной мотивацией обучающихся и качеством поддержки [5].

Каждый этап – от первоначального отбора до оценки после окончания программы – способствует постепенному наращиванию профессионального потенциала, обеспечивая при этом его адекватность конкретным потребностям цифрового сектора.

Таблица 2

Процессы и методы проектно-ориентированной переподготовки ИТ-руководителей [составлено автором исследования]

Категории проблем	Проблемы, выявленные экспертами	Проблемы, выявленные учителями	Проблемы, выявленные участниками	Организационные и методические решения
Организационно-методическая деятельность	Отсутствие эффективных методов и технологий для реализации проектно-ориентированных программ	Слабо развитые проектно-ориентированные методы обучения; Необходимость создания специальных методов	Отсутствие индивидуализированного подхода, низкий учет исходных навыков участников	Создание репозитория методик, инструментов и технологий обучения; Постоянная методологическая поддержка
Ценности и мотивация	Устойчивость к изменениям, традиционный менталитет, низкая открытость к инновациям	Отсутствие заинтересованности спонсоров в доработке проектов	Недостаточная мотивация к следованию проектно-ориентированным программам	Механизмы управления проектами и программными заказами, вовлечение заинтересованных сторон; Встроенная система мотивации участников и преподавателей
Навыки и квалификация	Недостаточная квалификация педагогов для реализации программ	Низкий уровень исходной компетенции участников для выполнения проектов	Ограниченный опыт реализации проектов	Формирование педагогических команд и команд участников, наставничество и тьюторство, интегрированные в модель обучения и реализации программы

В таблице отражены многоаспектные проблемы переподготовки ИТ-руководителей в условиях цифровой трансформации [10]. Организационные, мотивационные и компетентные проблемы определяются различными субъектами – экспертами, преподавателями и участниками, что подчеркивает необходимость системного подхода.

Результаты

Предлагаемые решения, такие как формирование методического репертуара, непрерывная педагогическая поддержка, система наставничества и наставничества, позволяют создать интегрированную структуру, в которой человеческие ресурсы развиваются целенаправленно, адаптивно и совместно. Такой подход также обеспечивает согласованность между стратегическими целями ИТ-организаций и развитием межличностных, управленческих и технических навыков, которые необходимы для успеха в постоянно меняющейся цифровой среде [6].

Эта структура усиливает организационное и управленческое моделирование обучения, обеспечивая согласованность между оценкой навыков, мотивацией, педагогическими инновациями и эффективностью проектов, тем самым составляя центральный элемент модели управления ИТ-руководителями в цифровых организациях [9].

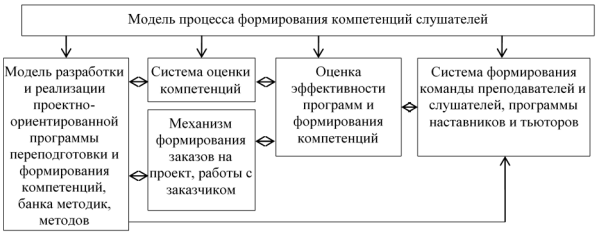


Рис. 2. Взаимосвязанные организационно-методические разработки для формирования компетенций и внедрения модели процесса проектно-ориентированной переподготовки управленческих ИТ-кадров [составлено автором исследования]

Предложена структурированная **модель разработки и реализации проектно-ориентированных программ переподготовки,** включающая методы и процедуры систематической оценки навыков и потенциала участников.

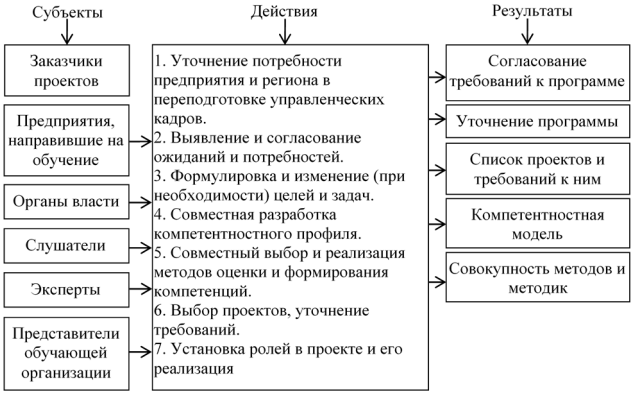


Рис. 3. Механизм формирования заказов на проект и программу, работы с заинтересованными сторонами [составлено автором исследования]

Этап 2 имеет решающее значение для формирования конкурентоспособной и мотивированной аудитории [8]. Среди участников все заинтересованные стороны: школы, компании, эксперты по оценке мотивации, учителя специального образования, будущие тренеры и другие субъекты образования. Цель состоит в том, чтобы сформировать однородные и стратегически проектно-ориентированные группы [7].

На третьем этапе оцениваются существующие навыки участников, включая их практические ресурсы и навыки. На этом этапе выявляются пробелы, определяются индивидуальные потребности в обучении и планируются целевые учебные мероприятия.

Четвертый этап предполагает, что учащиеся должны понимать важность и цель проектов. Этот Этап является сквозным и требует повторения ключевых задач, чтобы позволить овладеть навыками. Распределяются обязанности, разрабатываются планы действий при поддержке тьюторов, преподавателей и приглашенных экспертов.

Пятый этап включает в себя несколько подэтапов: овладение основными навыками, развитие специализированных навыков и интеграция передовых педагогических моделей. Успех зависит от тесного сотрудничества между всеми заинтересованными сторонами и устойчивой мотивации студентов.

Дополнительные принципы - интеграция проектной культуры и непрерывное обучение менеджеров; активное участие мотивированных

и ответственных студентов; создание групп учитель-ученик с наставничеством и репетиторством; оценка эффективности и корректировка программ [6].

Обсуждение

Для оценки эффективности можно использовать коэффициент внедряемости проектов:

$$k_{\text{внедрения}} = \frac{\text{Количество реализованных проектов}}{\text{Количество защищенныз проектов}} \quad (1)$$

В зависимости от сроков планирования проекта консервации рекомендуется оценивать этот показатель в течение трех-четырех лет, начиная через год после окончания программы. Этот индикатор можно использовать как в коммерческих, так и в промышленных целях. Самое главное, чтобы проект соответствовал требованиям.

Для бизнес-проектов можно рассчитать ROI (возврат инвестиций в обучение):

$$\text{ROI} = \frac{\text{Доход от обучения}}{\text{Стоимость обучения}} * 100\% \quad (2)$$

Доход от обучения может быть получен за счет реализации проекта, экономии средств или других финансовых мер проекта.

Важной особенностью данной модели является целостный подход к оценке компетенций, который не ограничивается техническими и управленческими навыками, но также охватывает личностные и межпрофессиональные навыки, что позволяет более точно оценить способность сотрудников работать в команде и взаимодействовать с различными заинтересованными сторонами.

Заключение

В отличие от классического подхода Киркпатрика, который фокусируется в первую очередь на результатах на индивидуальном уровне, предлагаемая модель интегрирует оценку в проекты и задания, специфичные для компании. Таким образом, методология Киркпатрика используется в качестве инструмента для закрепления обучения в проектно-ориентированном контексте, повышая актуальность, эффективность и адаптивность обучения в реальной бизнес-среде [9].

Подводя итог, можно сказать, что предложенная модель выделяется своей способностью интегрировать теоретическое и практическое обучение, непрерывной оценкой, гибкостью и адаптивностью к реальным потребностям организации, а также ориентацией на долгосрочную эффективность. Такой уникальный подход в контексте ИТ позволяет воспитывать управленческих руководителей, способных отвечать на вызовы цифровой трансформации, сочетая технические, управленческие и межличностные навыки с практическим опытом, непосредственно применимым к проектам компании.

Литература

1. Алиева Т. М. Проблемы обучения персонала в условиях цифровизации: компетенции сотрудников в новой цифровой среде // Вестник научных конференций. Российский государственный гуманитарный университет. 2020. № 11-1(63). С. 10–14.
2. Сдобняков В. В. Трансфункциональная технология управления развитием университета педагогического профиля //Непрерывное образование: XXI век. – 2025. – №. 1. – С. 2.
3. Солодкин В. С., Тяжкун Н. А. Методы управления командой проекта на жизненных этапах его реализации //Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – №. 5 (55). – С. 624-628.
4. Старых С. А. Процесс управления организацией в специфике мотивационных систем функционирования персонала //Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – №. 2. – С. 40.
5. Ташкинов А. Г. Разработка методологии agile и lean в авиадвигателестроительном предприятии //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – №. 47. – С. 121-150.
6. Тюриков А. Г., Тюриков Р. А. Оценка качества подготовки управленческих ИТ-кадров // Армия и общество. 2024. № 1(38). С. 29–43.
7. Appio F. P., Frattini F., Petruzzelli A. M., Neirotti P. Digital transformation and innovation management: A synthesis of existing research and an agenda for future studies // Journal of Product Innovation Management. 2021. Vol. 38, no. 1. P. 4–20.
8. Bannikov S. A., Abzeldinova K. T. Digital transformation of HR management system // International Scientific and Practical Conference “Russia 2020 — A New Reality: Economy and Society” (ISPCR 2020). Atlantis Press, 2021. P. 54–58.
9. Bansal A., Panchal T., Jabeen F., Mangla S. K., Singh G. A study of human resource digital transformation (HRDT): A phenomenon of innovation capability led by digital and individual factors // Journal of Business Research. 2023. Vol. 157. Art. 113611.
10. Barisic A. F., Barisic J. R., Miloloza I. Digital transformation: challenges for human resources management // ENTRENOVA — Enterprise Research Innovation. 2021. Vol. 7, no. 1. P. 357–366.

Developing an organizational and management model for developing management talent for it organizations in the context of digital transformation

Poldvey R.G.

OmGTU

A three-stage model (preparatory, main, and final stages) was developed, including procedures for assessing and developing management competencies. A distinctive feature of the model is its comprehensive assessment of competencies in three areas: technical, behavioral, and contextual. Implementation of the model contributes to increased efficiency in IT project management and improved alignment between personnel training and the organization's strategic goals. The proposed model can be used in HR management practices at IT companies and integrated into continuous education and professional development systems for managers. Its application contributes to the resilience and effectiveness of human capital in the face of digital change.

Keywords: management training, digital skills, digital transformation, organizational model, project management.

References

1. Alieva, T. M., “Challenges of Personnel Training in the Context of Digitalization: Employee Competencies in the New Digital Environment,” in: Bulletin of Scientific Conferences. Russian State University for the Humanities. 2020, no. 11-1 (63), pp. 10–14.
2. Sdobnyakov, V. V., “Transfunctional Technology for Managing the Development of a Pedagogical University,” in: Continuous Education: 21st Century. 2025, no. 1, p. 2.
3. Solodkin, V. S., Tyazhkun, N. A., “Methods for Managing a Project Team at the Stages of Its Implementation,” in: Natural Sciences and Humanities Research. 2024, no. 5 (55), pp. 624–628.
4. Starykh, S. A., “The Organizational Management Process in the Specifics of Personnel Motivational Systems,” in: Bulletin of Eurasian Science. – 2023. – Vol. 15. – No. 2. – P. 40.
5. Tashkinov A. G. Development of agile and lean methodology in an aircraft engine manufacturing enterprise // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Electrical engineering, information technology, control systems. – 2023. – No. 47. – P. 121-150.
6. Tyurikov A. G., Tyurikov R. A. Assessment of the quality of training of IT management personnel // Army and Society. 2024. No. 1(38). P. 29–43.
7. Appio F. P., Frattini F., Petruzzelli A. M., Neirotti P. Digital transformation and innovation management: A synthesis of existing research and an agenda for future studies // Journal of Product Innovation Management. 2021. Vol. 38, no. 1. P. 4–20.
8. Bannikov S. A., Abzeldinova K. T. Digital transformation of HR management system // International Scientific and Practical Conference “Russia 2020 - A New Reality: Economy and Society” (ISPCR 2020). Atlantis Press, 2021, pp. 54–58.
9. Bansal A., Panchal T., Jabeen F., Mangla S. K., Singh G. A study of human resource digital transformation (HRDT): A phenomenon of innovation capability led by digital and individual factors // Journal of Business Research. 2023. Vol. 157. Art. 113611.
10. Barisic A. F., Barisic J. R., Miloloza I. Digital transformation: challenges for human resource management // ENTRENOVA - Enterprise Research Innovation. 2021. Vol. 7, no. 1. P. 357–366.

Барьеры цифровой трансформации бизнес-систем: категории, степень влияния на процесс

Селивёрстов Юрий Иванович
доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, urisel@mail.ru,

Рогожников Богдан Аркадьевич
аспирант, кафедра экономики и организации производства, Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, bog0611@mail.ru

Развитие цифровой экономики в России тесно связано с цифровой трансформацией бизнес-систем. Именно цифровая трансформация является приоритетным драйвером роста эффективности и конкурентоспособности компании. Целью исследования является выявление и анализ ключевых барьеров, препятствующих успешной реализации стратегий цифровой трансформации бизнеса. В информационную основу исследования легли статистические сборники, государственные доклады, научные статьи. База источников формировалась из отечественных и зарубежных публикаций 2019-2026 гг., что позволило отследить эволюцию проблематики от технологических сложностей к социально-техническим вызовам. По результатам анализа актуальных публикаций по проблеме цифровой трансформации были определены основные барьеры цифровой трансформации и проведена их категоризация. Сформирована матрица влияния барьеров на процесс цифровой трансформации бизнес-систем.

Ключевые слова*:* цифровая трансформация, цифровая зрелость, барьеры цифровой трансформации, категории барьеров, матрица влияния барьеров.

Введение

За последние десятилетия тема цифровой трансформации бизнеса стала одной из ключевых в исследованиях различных аспектов деятельности экономических систем. Если в начале 2010-х годов речь шла о простой цифровизации, то есть перевода аналоговых процессов в цифровой формат, то уже к настоящему времени научный интерес окончательно закрепился за понятием «цифровая трансформация» как фундаментального изменения бизнес-моделей и экосистем.

Каждому процессу, осуществляемому в ходе человеческой деятельности присущи разного рода благоприятные и неблагоприятные обстоятельства. Цифровая трансформация бизнеса как процесс не является исключением. Поэтому она также подвержена воздействию разного рода неблагоприятных обстоятельств, которые далее будем именовать барьерами. Факторы и формы проявление барьеров цифровой трансформации, возможности и методы их преодоления представляют собой важную тему в исследовании цифровой трансформации как процесса.

Актуальность выбранной проблематики также обосновывается приоритетностью использования цифровых технологий на уровне стратегического развития страны. Согласно указу Президента Российской Федерации, В. В. Путина № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» в целях обеспечения устойчивого экономического и социального развития Российской Федерации была выделена «цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы.» [1]. В связи с этим дальнейшее развитие теории цифровой трансформации и выявление барьеров, препятствующих цифровой трансформации, может способствовать достижению этого важного результата.

Целью исследования является выявление и анализ на основе результатов исследований последних лет ключевых барьеров, препятствующих успешной реализации стратегий цифровой трансформации бизнеса.

Материалы и методы исследования.

В информационную основу исследования легли статистические сборники, государственные доклады, научные статьи. База источников формировалась из отечественных и зарубежных публикаций. Основной массив рассмотренных работ охватывает период с 2019 года по начало 2026 года, что позволило отследить эволюцию проблематики от технологических сложностей к социально-техническим вызовам.

Методическая база исследования представляет собой стандартные общенаучные методы познания: обобщение, анализ, синтез методы системного подхода. Для анализа публикаций использовался метод несистематизированного (описательного) обзора литературы.

Результаты исследования

В современной дискуссии о путях развития цифровой экономики описано много обоснованных воззрений на сам термин «цифровая трансформация». В рамках данной работы будем ориентироваться на определения, соответствующее актуальному взгляду на процесс цифровой трансформации в контексте бизнес-систем. Особое внимание при выборе определения уделено его объяснительной силе в области последовательности процессов, составляющих цифровую трансформацию, а также точность изложения причинно-следственных связей процессов, ее составляющих. В качестве базовых выбраны следующие определения.

Цифровая трансформация – это глубокое и всеобъемлющее изменение деятельности организации, ее процессов, компетенций и моделей взаимодействия с клиентами и партнерами, основанное на интеграции цифровых технологий (искусственный интеллект, большие данные, облачные вычисления, интернет вещей, блокчейн) для создания новой стоимости и повышения адаптивности в условиях неопределенности (VUCA/BANI-мир).

Следовательно, мы можем рассматривать цифровую трансформацию бизнеса как процесс интеграции цифровых технологий в повседневные операции компании с целью улучшения всех аспектов ее деятельности, включая производительность, качество обслуживания клиентов и операционную эффективность.

Рисунок 1. Схема цифровой трансформации (сост. авторами)

В отличии от традиционной автоматизации производственных процессов, направленной на снижение издержек существующих процессов, цифровая трансформация ставит целью создание новых источников дохода и изменение ценностного предложения. В этой связи целесообразно остановиться на некоторых концептуальных основах цифровой трансформации, а именно, уровень зрелости цифровой трансформации и ключевые технологические драйверы (рис. 1).

Уровни зрелости цифровой трансформации можно разделить на начальный, продвинутый и трансформационный. На начальном уровне происходит оцифровка информации, то есть бумажные и аналоговые носители переводятся в электронный (оцифрованный вид). На продвинутом этапе выполняется оптимизация процессов с помощью цифровых инструментов. И, наконец, на трансформационном этапе происходит изменение бизнес-модели, а именно, переход от продажи продукта к продаже услуги, создание платформ и экосистем.

Определение ключевых технологических драйверов за период 2024-2026 годов характеризуется значительными изменениями в определении и использовании основных цифровых технологий:

а) внедрение генеративного искусственного интеллекта через автоматизацию креативных и аналитических задач и персонализацию взаимодействия;

б) развитие предиктивной аналитики и Big Data путем перехода от ретроспективного анализа к прогнозированию спроса и рисков в реальном времени;

в) дальнейшее развитие интернета вещей и создание цифровых двойников, что позволяет осуществить полную виртуализацию физических элементов для стимуляции сценариев;

г) практическое использование децентрализованных реестров (блокчейн), обеспечивающее прозрачность цепочек поставок и смарт-контракты.

Анализ публикаций сточки зрения эволюции научного дискурса о цифровой трансформации позволил выделить три четких этапа в развитии рассматриваемой темы (табл. 1).

Таблица 1
Эволюция научного дискурса о цифровой трансформации (сост. авторами)

Этап	Период	Содержание
Технократический	2018-2020	Публикации были сфокусированы в основном на внедрении цифровых технологий, а барьеры описывались преимущественно как технические (несовместимость систем, стоимость оборудования)
Организационный	2021-2023	Смещение фокуса на изменение организационных структур и управление изменениями. Появление термина «цифровая культура»
Экосистемный	2024-2026	Исследования рассматривают цифровую трансформацию в контексте платформенных экосистем, влияния генеративного искусственного интеллекта, вопросов киберсуверенитета и кибербезопасности, этики данных и устойчивого развития

Для более полного понимания сущности процессов цифровой трансформации и барьеров, препятствующих их реализации, результаты рассмотренных источников сформированы в трех тематических кластерах (табл. 2).

Таблица 2
Анализ публикаций по теме барьеров цифровой трансформации бизнеса (сост. авторами)

Авторы	
Стратегические аспекты цифровой трансформации	
Германчик Е.Н., Казанцев С.В. (2023) [2]	Проанализирована смена парадигмы с «глобальной интеграции» на «технологический суверенитет» и выявлены барьеры, связанные с разрывом цепочек поставок программного обеспечения и оборудования
Гохберг Л.М., Дынкин А.А., Кузнецов В.В. (2022) [3]	Представлен взгляд на барьеры цифровой трансформации со стороны государственной политики, обсуждены проблемы дефицита инфраструктуры и координации между государством и бизнесом
Пивоваров Д.Ю., Ткаченко И.Н. (2024) [4]	Проведено исследование такого положения, когда вынужденная замена зарубежных решений становится барьером для инноваций, но одновременно и драйвером развития отечественных цифровых платформ
Ружанская Л.С., Кузык М.Г. (2025) [5, 6]	Представлен свежий анализ барьеров в реальном секторе, фокус на сложности интеграции разнородных отечественных решений вместо единых западных экосистем
Vial G. (2019) [7]	Предлагает исчерпывающий обзор определений и выделяет барьеры, связанные с изменением ценностного предложения и операционных процессов
Nadkarni S., Prugl R. (2021) [8]	Проведен систематический обзор, классифицирующий барьеры цифровой трансформации по уровням анализа (индивид, компания, среда)
Организационно-культурные и кадровые барьеры	
Гулина С.Т., Мусина Д.Р. (2024) [9]	Опираясь на статистические данные за период 2019-2023 гг., авторы прослеживают динамику цифрового разрыва в России и анализируют его влияние на развитие отдельных отраслей экономики, регионов РФ.
Ершова Н.А., Миронова О.В., Сергеева Н.В. (2023) [10]	Цифровая трансформация рассматривается как глубокое изменение деловой и организационной деятельности, процессов и компетенций, требующее от участников оптимизации и способности быстро адаптироваться за счет разумного использования технологий и информации.
Яковлев А.А., Демидова О.А. (2025) [11]	Выявлены и проанализированы барьеры цифровой трансформации бизнес-систем, возникающие на стыке государственного регулирования и частной инициативы
Титов С.А., Линдер Н.В., Трачук А.В. (2025) [12]	Описываются возможности ограничений методов управления цифровой трансформации на уровне организации, исследуются инструменты управления и специализированные органы управления портфелями проектов цифровой трансформации.
Fitzgerald V., Kruschwitz N., Bonnet D. (2024) [13]	Рассматриваются и анализируются новые данные о барьерах лидерства в эпоху искусственного интеллекта
Westerman G. (2022) [14]	Проведен практический анализ барьеров, связанных с отсутствием цифровых талантов и неправильной организацией команд
Технологические барьеры и импортозамещение	
Брагинский О.Б. (2023) [15]	Проведен детальный разбор барьеров функциональной неполноценности отечественных аналогов и высокой стоимости миграции данных
Симонов К.В. (2025) [16]	Риск создания «лоскутной автоматизации» из разрозненных отечественных решений, не умеющих общаться друг с другом, обозначен как новый барьер на современном этапе
Ereky R., Molnar B. (2024) [17]	Выполнено исследование о том, как низкое качество данных блокирует внедрение искусственного интеллекта
Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Рудник П.Б. и др. (2022) [18]	Описаны реальные сложности цифровой трансформации, связанные с сильной зависимостью от иностранного программного обеспечения и технологий, в том числе обозначена проблема развития суверенной цифровой инфраструктуры

На основании проведенного анализа публикаций можно отметить некоторые особенности траектории исследования проблемы барьеров цифровой трансформации в России.

1. Начиная с 2022 года наблюдается изменение вектора исследований. Если до 2022 года в качестве основных барьеров цифровой трансформации бизнеса назывались «консерватизм менеджмента» и «нехватка денег», то после 2022 года преобладающей темой стало «кадровый отток» и «технологическое ограничение» (санкции, уход вендоров).
2. В публикациях 2019-2020 годов большое внимание уделяется новым технологиям и возможностям их эффективного внедрения. В последние годы (2024-2026 гг.) акцент смещается на суверенитет данных, этику искусственного интеллекта и экосистемные взаимодействия.
3. Российские авторы (Е.Н. Германчик, Д.Ю. Пивоваров, О.Б. Брагинский) выделяют специфический барьер – необходимость перестраивать процессы не ради эффективности, а ради физической возможности продолжать работу, что часто ведет к упрощению моделей, а не к усложнению.
4. Изменения во взаимоотношениях с западными странами отразились в публикациях 2024-2026 годов (Д.Р. Мусина, Л.С. Ружанская, К.В. Симонов), где активно обсуждался новый барьер – фрагментация ИТ-ландшафта из-за перехода на множество разрозненных отечественных и азиатских решений, которые сложно интегрировать в единую систему.
5. В отличие от публикаций западных исследователей, где государство рассматривается исключительно как регулятор, в российских публикациях (Л.М. Гохберг, А.А. Яковлев) государство выступает одновременно как главный заказчик, источник финансирования и источник регуляторных барьеров (требования по локализации данных, отечественному программному обеспечению).

На основании проведенного анализа выявленные барьеры цифровой трансформации бизнес-систем целесообразно сформировать в пять основных групп (рис. 2).

Рисунок 2. Барьеры цифровой трансформации бизнес-систем (сост. авторами)

Группа 1. Организационно-культурные барьеры.

1.1. Неготовность корпоративной культуры. Традиционная культура многих компаний не готова принять изменения, необходимые для успешной цифровой трансформации. Сотрудники могут сопротивляться новым технологиям и процессам, опасаясь потери стабильности и комфорта.

1.2. Сопротивление изменениям и инерция мышления. Сотрудники и менеджеры среднего звена воспринимают цифровую трансформацию как угрозу стабильности и рабочим местам. Страх сотрудников перед потерей работы, необходимостью освоения новых навыков или изменения привычных рабочих рутинов.

1.3. Силозная структура организации. Изолированность департаментов, отсутствие обмена данными и горизонтальных коммуникаций в то время, как цифровая трансформация требует сквозных процессов, которые разрушают традиционные функциональные границы. Жесткое функциональное разделение препятствует потоку данных и кросс-функциональному сотрудничеству, необходимому для цифровых продуктов. В работах 2023-2025 годов отмечается сложность перехода от матричных структур к сетевым и платформенным.

1.4. Консерватизм топ-менеджмента. Сохранение традиционного взгляда на рынок в условиях постоянных изменений. Отсутствие цифровой культуры у лидеров. Исследования показывают, что «цифровое мышление» отсутствует у 60% руководителей традиционных компаний, но наблюдается страх перед алгоритмическим управлением, что является новым фактором сопротивления.

1.5. Отсутствие цифровой культуры лидерства. Лидеры не обладают навыками управления в условиях неопределенности и экспериментов, поэтому топ-менеджмент часто делегирует цифровую трансформацию сторонним организациям, не принимая личного участия.

1.6. Культура избегания риска. Традиционный бизнес наказывает за ошибки, цифровая трансформация требует культуры экспериментов, где неудача рассматривается как источник обучения.

Группа 2. Институциональные, стратегические и управленческие барьеры.

2.1. Низкие темпы достижения цифрового суверенитета. Сложность и дороговизна разработки конкурентоспособной и суверенной ИТ-инфраструктуры выступает системным барьером для цифровой трансформации на макроуровне. Следствием такой ситуации является сохранение зависимости от иностранных технологий и программного обеспечения.

2.2. Размытость стратегии и целей, отсутствие четкого понимания стратегии. Внедрение технологий ради технологий без привязки к конкретным бизнес-целям и созданию клиентской ценности. Многие компании начинают цифровую трансформацию без ясного представления о конечной цели и ожидаемых результатах, что зачастую приводит к распылению усилий и снижению эффективности преобразований. Исследования показывают, что отсутствие четкой дорожной карты является главной причиной провала пилотных проектов.

2.3. Конфликт долгосрочной и краткосрочной логики. Давление акционеров на квартальные результаты противоречит необходимости долгосрочных инвестиций в цифровые инфраструктуру и культуру. Работы в области корпоративного управления обсуждают необходимость изменения мотивации топ-менеджмента.

2.4. Проблема измерения эффективности. Сложность расчета возврата инвестиций в цифровые проекты, эффекты от которых часто отложен во времени или носит качественный характер, а не количественный. Традиционные финансовые метрики (NPV, ROI) плохо применимы ц цифровым проектам с отложенным эффектом и сетевыми внешними эффектами. Специалисты по управленческому учету предлагают новые оценки, включающие метрики клиентского опыта и скорости обучения организации, однако их внедрение тоже остается барьером.

2.5. Регуляторная неопределенность. Некоторые отрасли регулируются строгими нормативными актами, затрудняющими быстрое внедрение новых технологий. Быстрое изменение законодательства в сфере искусственного интеллекта, криптоактивов и цифровых прав создает риски инвестирования в технологии, которые могут быть запрещены или ограничены в будущем.

Группа 3. Технологические барьеры и наследие.

3.1. Проблема устаревших систем. Наличие морально и физически устаревших ИТ-систем, использование которых критично для бизнеса, но не совместимы с современными облачными решениями. Их замена требует колоссальных инвестиций и несет риски остановки бизнеса.

3.2. Проблема интеграции данных и интероперабельности. Сложность объединения новых цифровых решений со старым ландшафтом и внешними экосистемами партнеров. Исследования в области управления данными подчеркивают, что 80% времени проектов уходит на очистку и интеграцию данных.

3.3. Проблема кибербезопасности и суверенитета данных. Использование цифровых технологий увеличивает риск утечек данных и атак хакеров, что заставляет компании уделять больше внимания защите своей информационной безопасности. Рост угроз и ужесточение регуляторных требований замедляют внедрение облачных технологий и обмен данными. Геополитика существенно влияет на цифровые стратегии и барьеры, связанные с технологическим суверенитетом.

3.4. Фрагментация данных. Данные хранятся в разрозненных хранилищах в разных форматах, что делает невозможным построение единой картины и применение продвинутой аналитики.

3.5. Технические сложности и устаревшая ИКТ-инфраструктура. Современные цифровые технологии требуют обновления устаревших систем и инфраструктур что может оказаться дорогостоящим и технически сложным процессом.

Группа 4. Кадровые проблемы и дефицит компетенций.

4.1. Цифровой разрыв навыков, дефицит цифровых талантов. Глобальная нехватка и острый дефицит специалистов по работе с данными,

AI-архитекторов, кибербезопасности и продуктовых менеджеров. Скорость устаревания навыков и компетенций опережает скорость обучения.

4.2. Сложность найма ИТ-специалистов. Рынок труда не успевает не успевает генерировать кадры с нужной скоростью.

4.3. Недостаточная квалификация персонала. Устаревшие знания и отсутствие необходимых компетенций среди сотрудников мешают эффективному использованию цифровых инструментов и платформ.

4.4. Разрыв коммуникаций между бизнесом и ИТ-специалистами. Непонимание между техническими специалистами и бизнес-заказчиками. Менеджеры не понимают возможностей технологий, а технические специалисты не понимают бизнес-контекста, что ведет к принятию решений, не решающих реальных проблем бизнеса. Концепция «цифровых переводчиков» рассматривается как критическая роль, дефицит которой тормозит проекты.

4.5. Проблема переобучения персонала. Сложность и высокая стоимость массового переобучения существующего персонала. Часто проще нанять новых людей, чем изменить мышление старых, что создает внутреннее напряжение. Академические исследования (2024) показывают низкую эффективность традиционных тренингов и необходимость внедрения обучения в рабочий поток.

Группа 5. Финансовые барьеры.

5.1. Ограниченность бюджета, нехватка финансирования. Переход к цифровой трансформации сопряжен со значительными финансовыми вложениями, которые могут превышать доступные бюджеты компаний. Цифровая трансформация требует долгосрочных инвестиций, тогда как многие компании ориентированы на краткосрочную квартальную отчетность.

5.2. Высокие затраты на внедрение ИКТ. Внедрение ИКТ требует участия высокооплачиваемых специалистов, внедряющих дорогостоящие оборудование и программное обеспечение.

5.3. Высокие затраты на квалифицированный персонал. Рынок труда испытывает острый дефицит специалистов в области цифровой трансформации бизнеса, что порождает жесткую конкуренцию и обуславливает высокие зарплаты таких специалистов.

5.4. Высокая стоимость иностранных технологий и программного обеспечения. Санкции ограничивают свободную международную торговлю, поэтому приходится прибегать к параллельному импорту, что существенно увеличивает сроки поступления и стоимость необходимого оборудования и программного обеспечения.

5.5. Недостаточная финансовая устойчивость фирмы. Произошло существенное удорожание заемного капитала. Предприятия, активно использовавшие заемные средства для цифровой модернизации, оказались в сложной ситуации, когда финансовых ресурсов недостаточно не только для инвестиций, но и для осуществления текущей деятельности.

Анализ представленных барьеров цифровой трансформации бизнеса позволяет нам выстроить матрицу влияния данных барьеров (табл. 3)

Таблица 3
Матрица влияния барьеров (сост. авторами)

Группа барьеров	Уровень влияния на успех	Сложность преодоления	Время устранения
Организационно-культурные барьеры	Критическое	Очень высокая	Долгосрочное (годы)
Институциональные, стратегические и управленческие барьеры	Критическое	Средняя	Краткосрочное
Технологические барьеры и наследие	Высокое	От высокой до средней	Долгосрочное
Кадровые проблемы и дефицит компетенций	Высокое	Высокая	Среднесрочное
Финансовые барьеры	Среднее	Средняя	Зависит от доступа к капиталу

Представленная матрица влияния барьеров цифровой трансформации бизнеса подводит нас к выводу, что основным препятствием стала социотехническая адаптация: организационная инерция, неспособность менеджмента переосмыслить бизнес-модель в эпоху цифровой экономики. В то же время значение технологических барьеров постепенно снижается.

Ключевыми барьерами на ближайшие года могут выступить культурная инерция, разрыв стратегий, регуляторная неопределенность и этические риски искусственного интеллекта. Это, в свою очередь, потребует от бизнеса гибкого стратегирования и непрерывного обучения, воспитания у топ-менеджеров компаний экосистемного мышления.

Заключение

Цифровая трансформация безусловно является необходимым условием успешного развития современного бизнеса. Однако, несмотря на очевидные преимущества многие компании сталкиваются с целым рядом барьеров на пути реализации успешных проектов цифровой трансформации. Поэтому важно учитывать существенные трудности и заранее планировать меры по их преодолению.

Результаты исследований, нашедшие свое отражение в публикациях последних лет, ясно демонстрируют значительную эволюцию понимания барьеров цифровой трансформации. От технических проблем совместимости и стоимости приоритеты сместились в сторону сложных социо-технических барьеров: корпоративной культуре, лидерству, этике, совершенствованию механизмов управления. Становится очевидным, что отсутствие четкого представления того, как цифровые технологии создают ценность для конкретного бизнеса, остается фатальной ошибкой, ведущей к распылению ресурсов.

Успех цифровой трансформации зависит не только от решения технологических проблем, но, в первую очередь, от способности организации преодолеть инерцию прошлого, перестроить мышление сотрудников и создать экосистему, способную к непрерывному обучению и адаптации. Способность к непрерывному обучению становится важнее наличия статических знаний.

Компании, которые смогут эффективно управлять этими барьерами, получат устойчивое конкурентное преимущество. С другой стороны, компании, сосредоточившиеся исключительно на закупке программного обеспечения, рискуют столкнуться с эффектом «цифрового фасада» - наличием современных инструментов при сохранении неэффективных процессов.

Напрашивается вывод о том, что будущее за гибридными моделями управления, сочетающими человеческую креативность и эмпатию с вычислительной мощью искусственного интеллекта, где барьеры преодолеваются через непрерывную эволюцию, а не разовые реформы. Дальнейшие исследования должны фокусироваться на влиянии генеративного искусственного интеллекта на организационную структуру, методах измерения нематериальной ценности цифровой трансформации и стратегиях управления в условиях цифровой суверенизации.

Литература

1. Указ Президента РФ от 07.05.2024 N 309 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/ (дата обращения 15.02.2026 г.)

2. Германчик Е.Н., Казанцев С.В. Цифровая трансформация российского бизнеса в условиях санкционного давления: новые вызовы и точки роста / Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент, 2023. - № 4. – С. 4572

3. Гохберг Л.М., Дынкин А.А., Кузнецов В.В. Национальная система цифровой трансформации: от стратегии к реализации / Вопросы экономики, 2022. - № 5. – С. 5-28

4. Пивоваров Д.Ю., Ткаченко И.Н. Трансформация бизнес-моделей российских компаний в эпоху импортозамещения / Российский журнал менеджмента, 2024. – Т. 22, № 1. – С. 12-34

5. Ружанская Л. С., Кузык М. Г. Стратегии цифровизации российских промышленных компаний: «якоря стабильности» и ключевые изменения за пятилетку неопределенности и шоков // Журнал Новой экономической ассоциации, 2025. - № 2 (67). - С. 264–272.

6. Ruzhanskaya L., Kuzyk M. | Digitalisation strategies of Russian industrial companies: 'Anchors of stability' and key changes over five years of uncertainty and shocks | Journal of the New Economic Association. 2025. Vol. 67(2). P. 264-272

7. Vial, G. (2019) “Understanding digital transformation: A review and a research agenda” Journal of Strategic Information Systems, 28 (2), 118-144

8. Nadkarni, S. & Prugl, R. (2021) “Digital transformation: a review, synthesis d opportunities for future research” Management Review Quarterly, 71, 233-341

9. Гулина С.Т., Мусина Д.Р. Цифровое неравенство как препятствие для развития регионов и отраслей // Human Progress. 2024. Том 10, Вып. 5. С. 6-26

10. Ершова Н.А., Миронова О.В., Сергеева Н.В. Трансформация модели управления в условиях цифровой экономики. М.: Блок-Принт, 2023. – 200 с.

11. Яковлев А.А., Демидова О.А. Государство и бизнес в цифровую эпоху: новые модели взаимодействия. - М.: Изд-во Института Гайдара, 2025. – 184 с.

12. Управление цифровой трансформацией бизнеса: концепции, кейсы, методы и инструменты / Титов С.А., Линдер Н.В., Трачук А.В. и др. – М.: ИНФРА-М, 2025. – 223 с.

13. Fitzgerald, V., Kruschwitz, N., & Bonnet, D. (2024) “Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation” (2nd Edition). Harvard Business Review Press

14. Westerman, G. (2022) “Your Company´s Digital Transformation May Be Stalled. Here´s How to Fix It” MIT Sloan Management Review

15. Брагинский О.Б. Проблемы импортозамещения программного обеспечения в российском бизнесе: технико-экономический анализ / Инновации, 2023. - № 8. – С. 33-45

16. Симонов К.В. Технологический суверенитет и риски фрагментации ИТ-ландшафта российских компаний / Бизнес-информатика, 2025. – Т. 17, № 1. – С.

17. Ereky, R., & Molnar, B. (2024) “Data Quality as a Critical Success Factor in Al- Driven Digital Transformation” International Journal of Information management, 74

18. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. [Текст] / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 221 с.

Barriers to Digital Transformation of Business Systems: Categories and Degree of Impact on the Process

Seliverstov Yu.I., Rogozhnikov B.A.
V. G. Shukhov Belgorod State Technological University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The development of the digital economy in Russia is closely linked to the digital transformation of business systems. Digital transformation is a priority driver for increasing a company's efficiency and competitiveness. The aim of this study is to identify and analyze the key barriers hindering the successful implementation of digital business transformation strategies. The research was based on statistical datasets, government reports, and scientific articles. The source database was compiled from domestic and international publications published between 2019 and 2026, allowing us to track the evolution of the issue from technological complexities to socio-technical challenges. Based on an analysis of relevant publications on digital transformation, the main barriers to digital transformation were identified and categorized. A matrix of the barriers' impact on the digital transformation of business systems was created.

Keywords: digital transformation, digital maturity, digital transformation barriers, barrier categories, barrier impact matrix.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2024, No. 309 "On the National Development Goals of the Russian Federation through 2030 and through 2036" // ConsultantPlus [Electronic resource] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/ (accessed February 15, 2026)
2. Germanchik, E.N., Kazantsev, S.V. Digital Transformation of Russian Business under Sanctions Pressure: New Challenges and Growth Points / Bulletin of St. Petersburg University. Management, 2023. - No. 4. - P. 4572
3. Gokhberg, L.M., Dynkin, A.A., Kuznetsov, V.V. National Digital Transformation System: From Strategy to Implementation / Voprosy Ekonomiki, 2022. - No. 5. - Pp. 5-28
4. Pivovarov D. Yu., Tkachenko I. N. Transformation of Business Models of Russian Companies in the Era of Import Substitution / Russian Journal of Management, 2024. - Vol. 22, No. 1. - Pp. 12-34
5. Ruzhanskaya L. S., Kuzyk M. G. Digitalization Strategies of Russian Industrial Companies: "Anchors of Stability" and Key Changes over a Five-Year Period of Uncertainty and Shocks // Journal of the New Economic Association, 2025. - No. 2 (67). - Pp. 264-272.
6. Ruzhanskaya L., Kuzyk M. | Digitalisation strategies of Russian industrial companies: 'Anchors of stability' and key changes over five years of uncertainty and shocks | Journal of the New Economic Association. 2025. Vol. 67(2). P. 264-272
7. Vial, G. (2019) “Understanding digital transformation: A review and a research agenda” Journal of Strategic Information Systems, 28 (2), 118-144
8. Nadkarni, S. & Prugl, R. (2021) “Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research” Management Review Quarterly, 71, 233-341
9. Gulina, S.T., Musina, D.R. Digital inequality as an obstacle to the development of regions and industries // Human Progress. 2024. Vol. 10, Issue. 5. pp. 6-26
10. Ershova N.A., Mironova O.V., Sergeeva N.V. Transformation of the Management Model in the Digital Economy. Moscow: Blok-Print, 2023. – 200 p.
11. Yakovlev A.A., Demidova O.A. State and Business in the Digital Age: New Models of Interaction. Moscow: Gaidar Institute Publishing House, 2025. – 184 p.
12. Managing Digital Business Transformation: Concepts, Cases, Methods, and Tools / Titov S.A., Linder N.V., Trachuk A.V. et al. – Moscow: INFRA-M, 2025. – 223 p.
13. Fitzgerald, V., Kruschwitz, N., & Bonnet, D. (2024) “Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation” (2nd Edition). Harvard Business Review Press
14. Westerman, G. (2022) “Your Company's Digital Transformation May Be Stalled. Here's How to Fix It” MIT Sloan Management Review
15. Braginsky, O.B. Problems of software import substitution in Russian business: a technical and economic analysis / Innovations, 2023. - No. 8. - P. 33-45
16. Simonov, K.V. Technological Sovereignty and the Risks of Fragmentation of the IT Landscape of Russian Companies / Business Informatics, 2025. – Vol. 17, No. 1. – P.
17. Ereky, R., & Molnar, B. (2024) “Data Quality as a Critical Success Factor in Automated Digital Transformation” International Journal of Information management, 74
18. Digital Transformation: Expectations and Reality: Report to the XXIII Yasin (April) International Scientific Conf. on Problems of Economic and Social Development, Moscow, 2022 [Text] / G. I. Abdrakhmanova, S. A. Vasilkovsky, K. O. Vishnevsky, et al.; head of the author's team P. B. Rudnik; National Research University "Higher School of Economics". - Moscow: Publ. House of the Higher School of Economics, 2022. - 221 p.

Исследование теоретических основ феномена волонтерства и деятельности волонтерских организаций

Самоделкина Мария Александровна
проректор АНО «ДПО «Корпоративный университет правительства Нижегородской области"; руководитель круглогодичного молодёжного центра «ГосСтарт», m.samodelkina@yandex.ru

Эффективность социального развития современных экономических систем (регионов, государств, мирового хозяйства в целом) непосредственно зависит от характера развития института волонтерства и результативности деятельности волонтерских организаций. В соответствии с уточненным автором определением, волонтерская деятельность представляет собой целенаправленный процесс, ориентированный на решение социально значимых проблем силами физических лиц (добровольцев) или специализированных некоммерческих организаций, формируемый и осуществляемый в соответствии с возможностями и ограничениями, накладываемыми общими и специальными институтами, ориентированный на обеспечение устойчивого роста социального благополучия. Нами рассмотрены основные экономико-теоретические подходы к исследованию сущности волонтерства и особенностей функционирования волонтерских организаций. Дополнена и уточнена классификация видов волонтерских организаций по таким признакам как характер использования в деятельности последних потенциала цифровизации, срок функционирования и социальная эффективность.

Ключевые слова: волонтерство, волонтерская деятельность, волонтерские организации, управление волонтерскими организациями, институционализм, постнеоклассическая экономическая наука, социальный капитал.

Введение

Волонтерская деятельность является одним из наиболее значимых инструментов минимизации широкого круга социальных проблем, не полностью или недостаточно эффективно решаемых профильными государственными или муниципальными органами. При этом, в обеспечении интенсивности и эффективности волонтерства принципиальную роль играют волонтерские организации. Количество же последних в мировой экономике в целом в 2025 г. превысило сто тысяч [11, с.374]. В экономике РФ общее количество волонтерских проектов за 2020 – 2025 гг. возросло в 2,3 раза [5, с.117].

Цель статьи состоит в рассмотрении теоретических основ феномена волонтерства и деятельности волонтерских организаций в экономической науке. Основными задачами статьи являются:

- уточнение содержания экономического понятия “волонтерская деятельность”;
- рассмотрение основных направлений исследования феномена волонтерства и проблем деятельности волонтерских организаций в экономической науке, в т.ч. теории управления;
- дополнение и уточнение классификации видов волонтерских организаций.

Основная часть

В специальной литературе отсутствует общепризнанное определение сущности и содержания волонтерской деятельности, что, соответственно, создает некоторую коллизионность в части понимания особенностей функционирования волонтерских организаций. В Федеральном Законе «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» волонтерская деятельность трактуется через призму ее основных направлений [1, ст.1]. Такого рода подход не представляется достаточно корректным с позиций экономической науки.

Нами уточнено определение рассматриваемого экономического понятия. Волонтерская деятельность представляет собой целенаправленный процесс, ориентированный на решение социально значимых проблем силами физических лиц (добровольцев) или специализированных некоммерческих организаций, формируемый и осуществляемый в соответствии с возможностями и ограничениями, накладываемыми общими и специальными институтами, ориентированный на обеспечение устойчивого роста социального благополучия.

Системное исследование феномена волонтерства и деятельности волонтерских организаций началось в 1960 гг., в рамках последнего этапа эволюции неоклассической парадигмы экономической науки. До указанного периода анализ волонтерства осуществлялся преимущественно в парадигме социологии, и то недостаточно системно [7, с.46].

В системе координат неоклассического экономического анализа рассматривались такие основные вопросы, как исследование влияния волонтерской активности на показатели социально-экономического благополучия, например, уровень заболеваемости населения, долю населения, находящегося за границей бедности и др. Были сформированы базовые механизмы государственно-частного партнерства в сфере реализации волонтерских инициатив, аргументирована экономическая роль волонтерства на различных стадиях макроэкономического цикла.

В парадигме институционализма исследовались особенности влияния формальных и неформальных норм и экономических институтов на обеспечение интенсивности и эффективности волонтерской деятельности. Так, на развитие волонтерства оказывают влияние основные институты общего плана, в первую очередь институт собственности, институт корпоративного управления (в части влияния на принятие решений о формировании и реализации корпоративными структурами волонтерских инициатив), институты судебной системы, институт льготных режимов налогообложения субъектов хозяйствования и др.

Принципиальное влияние на развитие волонтерства в целом и деятельность волонтерских организаций оказывают специальные институты социально-благотворительной направленности (институт государственной поддержки волонтерских инициатив, институт благотворительности, институт частных фондов социальной направленности, институт студенческого самоуправления и др.). Комплексную характеристику влияния такого рода институтов на эволюцию феномена волонтерства приводит, в частности, Д. Алдридж [8, с.21-29].

Одновременно в рамках институциональной и неоинституциональной парадигм (1970 – 1990 гг.) начались место исследования в области

менеджмента волонтерских организаций: обоснование потенциально эффективных организационных структур управления ими, наиболее результативных функций менеджмента волонтерскими организациями и проектами, снижения рисков реализации волонтерских инициатив. Г. Хофстеде, например, обосновывает принципы формирования эффективной организационной культуры рассматриваемой нами групп субъектов хозяйствования [10, с.185].

В рамках постнеоклассического направления экономической науки основное внимание уделяется следующим аспектам развития волонтерства и деятельности волонтерских организаций:

- развитие теории форм волонтерства (с учетом цифровизации социально-экономических процессов в целом, глобализации мирового хозяйства, новых угроз развитию общества, таких, например, как пандемия ковид19);

- формирование рациональных структур управления волонтерскими организациями;

- обоснование социально-психологических методов эффективного менеджмента деятельности волонтерских проектных команд [9, с.59];

- анализ процессов взаимодействия волонтерских организаций с государственными органами сферы социального обеспечения, вузами, медицинскими организациями, иными субъектами хозяйственной деятельности;

- обоснование рациональности структуры источников финансирования деятельности волонтерских организаций;

- обеспечение эффективного сочетания системно-функционального, процессного и проектного подходов к управлению волонтерскими организациями [3, с.17];

- исследование процесса цифровизации волонтерской деятельности и обоснование направлений его совершенствования.

Существенный вклад в формирование теории и методологии развития феномена волонтерства и управления волонтерскими организациями внесли и современные российские исследователи. Так, Н.И. Шмидт и О.В. Демьянова исследуют взаимосвязь волонтерства и процессов формирования и эволюции социального капитала индивидов и организаций [6, с.190]. М.В. Певная рассматривает тенденции и проблемы развития волонтерских организаций в экономике Российской Федерации на стыке инструментария современной социологии и теории менеджмента некоммерческих организаций, аргументирует на данной основе, в частности, рациональное локальное институциональное обеспечение функционирования волонтерских организаций [4]. Ю.С. Белановский систематизирует проблемы управления волонтерскими инициативами на уровне отечественных образовательных и медицинских организаций отечественной экономики [2, с.37-43].

Следует отметить, что в специальной литературе недостаточно полно освещен вопрос о классификации волонтерских организаций. Во восполнение данного теоретического пробела нами уточнена и дополнена такого рода классификация по наиболее значимым признакам (таблица 1).

Таблица 1

Классификация волонтерских организаций

Классификационные признаки	Виды волонтерских организаций
1. Учредители	- волонтерские организации, учрежденные физическими лицами; - волонтерские организации, учрежденные НКО; - волонтерские организации, учрежденные коммерческими организациями (АО, ПАО, ООО, товариществами и др.).
2. Направления деятельности	- волонтерские организации, оказывающие социальные услуги; - волонтерские организации, занимающиеся сопровождением праздничных и (или) спортивных мероприятий; - волонтерские организации широкого профиля деятельности.
3. Использование потенциала цифровизации	- волонтерские организации, системно и разноплановo использующие потенциал цифровизации деятельности; - волонтерские организации, использующие возможности цифровизации иррегулярно, не на системной основе; - сугубо виртуальные волонтерские организации.
4. Срок действия волонтерской организации	- условно-бессрочно создаваемые волонтерские организации; - волонтерские организации, создаваемые на строго определенный срок (проектные волонтерские организации).
5. Социальная эффективность	- социально эффективные волонтерские организации; - социально деструктивные волонтерские организации.

Источник: составлено автором

В качестве одного из дополненных признаков классификации волонтерских организаций нами приведен уровень их социальной эффективности. Разумеется, в большинстве случаев такого рода организации являются хотя бы относительно социально эффективными попросту ввиду специфики своего функционирования. Вместе с тем, могут иметь место и социально деструктивные волонтерские организации, например:

- волонтерские организации, фактически реализующие не уставные цели, а созданные для решения иных задач, в т.ч. криминального характера (например, “отмывания” финансовых ресурсов, выделяемых на цели осуществления волонтерской деятельности);

- волонтерские организации, использующие механизмы т.н. “двойной бухгалтерии” (в целях дезинформирования учредителей и (или) органов налогового контроля);

- волонтерские организации, использующие труд несовершеннолетних добровольцев в проектах, характеризующихся повышенной степенью опасности для жизни и здоровья.

Заключение

Вероятными направлениями дальнейшего развития и совершенствования теории и методологии исследования феномена волонтерства и деятельности волонтерских организаций являются аргументация принципов эффективного функционирования данной группы организаций социального сектора экономики, обоснование совершенствования реализации функций управления волонтерскими организациями и проектами, разработка рекомендаций по рационализации системы государственного регулирования волонтерской деятельности.

Достаточно актуальным представляется совершенствование системы показателей, характеризующих эффективность функционирования и развития волонтерских организаций. Кроме того, целесообразна модернизация стандартов аудита деятельности рассматриваемой нами группы субъектов хозяйствования и процессов реализации волонтерских программ. Представляется значимой разработка классификации рисков деятельности волонтерских организаций, формирование методического инструментария корректной количественной оценки уровня такого рода рисков, обоснование системы мероприятий по их минимизации.

Наконец, требует дальнейшего совершенствования теория цифровизации волонтерской деятельности в целом и управления волонтерскими организациями, в частности. Так, на наш взгляд, необходимо разработать организационно-экономические механизмы эффективного использования потенциала блокчейн и смарт-контрактинга в рамках менеджмента волонтерских организаций, сформировать систему принципов рационального управления виртуальными волонтерскими организациями, развивать теоретико-методические разработки сферы интернет-маркетинга волонтерских проектов, аргументировать направления развития управленческих подходов к использованию потенциала виртуальных рынков (трудовых ресурсов, капитала, информации, аутсорсинга, крайдсорсинга) в рамках менеджмента волонтерских организаций. Требуют совершенствования и подходы к созданию эффективных цифровых платформ управления волонтерскими организациями различного масштаба.

Литература

1. Федеральный Закон «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» от 11.08. 1995 г. № 135-ФЗ (с изменениями и дополнениями от 28.12.2024).

2. Белановский Ю.С. Организация волонтерской деятельности в медицинских и социальных учреждениях. – М., 2025. – 144 с.

3. Кудринская Л.А. Добровольческий труд: сущность, функции, специфика // Социс. – 2006. №5. С.15-23.

4. Певная М.В. Волонтерство как социальный феномен: управленческий подход: Дисс. докт. соц. наук. – Екатеринбург, 2016. – 347 с.

5. Российская экономика: проблемы и перспективы. – М.: Из-во Института экономической политики, 2026. – 568 с.

6. Шмидт Н.И., Демьянова О.В. Волонтерство как фактор формирования социального капитала для оказания услуг населению / Н.И. Шмидт, О.В. Демьянова // Экономика, менеджмент, сервис: современные проблемы и перспективы: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Омск, 2024. – С.189 – 192.

7. Фиоктистов К.С. Теория и практика управления волонтерскими организациями // Вопросы менеджмента и маркетинга. – 2026. №3. С.45-48.

8. Aldrich D. Building Resilience: Social Capital in Post-Disarter Recovery. - Chicago, 2020. - 366 p.

9. Casey T. ***Social Capital and Regional Economies in Britain*** // Political Studies. – 2004. – № 1. – p. 96-117.

10. Hofstede G. Cultures and organisations. - McGraw-Hill; 3 edition, 2010. – 328 p.

11. World Statistics Review. - Wash., 2026. - 824 p.

Research on the theoretical foundations of the phenomenon of volunteering and the activities of volunteer organizations

Samodelkina M.A.
ANO "DPO "Corporate University of the Government of the Nizhny Novgorod Region", head of the year-round youth center "GosStart"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The effectiveness of the social development of modern economic systems (regions, states, and the global economy as a whole) directly depends on the nature of the development of the institution of volunteerism and the effectiveness of volunteer organizations. According to the definition clarified by the author, volunteering is a purposeful process focused on solving socially significant problems by individuals (volunteers) or specialized non-profit organizations, formed and carried out in accordance with the opportunities and limitations imposed by general and special institutions, focused on ensuring sustainable growth of social well-being. We have considered the main economic and theoretical approaches to the study of the essence of volunteerism and the functioning of volunteer organizations. The classification of types of volunteer organizations according to such criteria as the nature of the use of the potential of digitalization in the activities of the latter, the duration of operation and social efficiency has been supplemented and clarified.

Keywords: volunteerism, volunteer activity, volunteer organizations, management of volunteer organizations, institutionalism, post-neoclassical economics, social capital.

References

1. Federal Law "On Charitable Activities and Volunteering (Volatry)" dated 11.08.1995 No. 135-FZ (as amended and supplemented on 28.12.2024).
2. Belanovsky, Yu.S. Organization of Volunteer Activities in Medical and Social Institutions. Moscow, 2025. 144 p.
3. Kudrinskaya L.A. Volunteer Labor: Essence, Functions, and Specifics // Sotsis. – 2006. No. 5. Pp. 15-23.
4. Pevnaya M.V. Volunteerism as a Social Phenomenon: A Managerial Approach: Diss. Dr. of Social Sciences. – Yekaterinburg, 2016. – 347 p.
5. Russian Economy: Problems and Prospects. – Moscow: Publishing House of the Institute of Economic Policy, 2026. – 568 p.
6. Schmidt N.I., Demyanova O.V. Volunteering as a Factor in the Formation of Social Capital for the Provision of Services to the Population / N.I. Schmidt, O.V. Demyanova // Economics, Management, Service: Current Problems and Prospects: Proceedings of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference. – Omsk, 2024. – P.189 – 192.
7. Fyoktistov K.S. Theory and Practice of Managing Volunteer Organizations // Issues of Management and Marketing. – 2026. No. 3. Pp. 45-48.
8. Aldrich D. Building Resilience: Social Capital in Post-Disarter Recovery. - Chicago, 2020. - 366 p.
9. Casey T. ***Social Capital and Regional Economies in Britain*** // Political Studies. – 2004. – № 1. – p. 96-117.
10. Hofstede G. Cultures and organisations. - McGraw-Hill; 3 edition, 2010. – 328 p.
11. World Statistics Review. - Wash., 2026. - 824 p.

Современные методы реструктуризации промышленных предприятий

Сапар Кайырбек Сеипилулы
соискатель, Уральский институт управления — филиал РАНХиГС, администратор по реабилитации и банкротству, sapar_11111@mail.ru

В статье рассматриваются современные методы реструктуризации промышленных предприятий в контексте цифровой трансформации, перехода к Индустрии 4.0, Индустрии 5.0 и перспективным контурам Индустрии 6.0. Обосновано, что реструктуризация уже не может пониматься только как финансовое оздоровление, сокращение затрат или изменение организационной структуры. В условиях развития искусственного интеллекта, человеко-машинной коллаборации, экономики замкнутого цикла и принципов устойчивого развития она становится комплексной перестройкой производственных, организационных, цифровых, кадровых, интеллектуальных и ресурсных параметров деятельности предприятия. Научная новизна статьи состоит в систематизации методов реструктуризации с учетом смены индустриальных моделей и расширения критериев оценки результатов трансформации. Предложена классификация современных методов реструктуризации, включающая организационно-управленческие, процессные, финансово-экономические, производственно-технологические, цифровые, интеллектуально-когнитивные, кадровые, экологически ориентированные и циркулярные методы. Сделан вывод о необходимости выбора методов реструктуризации исходя из ключевого ограничения конкретного предприятия.

Ключевые слова: реструктуризация, промышленное предприятие, реинжиниринг бизнес-процессов, цифровая трансформация, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, искусственный интеллект.

Введение

В настоящее время реструктуризация промышленных предприятий уже не может рассматриваться исключительно как инструмент финансового оздоровления, сокращения затрат или изменения организационной структуры, ее значение существенно расширяется и в теории и на практике. Промышленное предприятие представляет собой сложную экономическую систему, связанную с производственным циклом, технологическими ограничениями, поставщиками, трудовыми ресурсами, информационными потоками и требованиями к качеству продукции. Поэтому преобразования дают устойчивый результат при использовании современных методологических подходов, что подтверждает актуальность темы исследования.

Теоретическая основа анализа реструктуризации связана с системным подходом к предприятию, представленным в работах Г. Б. Клейнера [1], а также с концепцией реинжиниринга бизнес-процессов, развитой М. Хаммером [2], Дж. Чампи [3], Т.Давенпортом и Дж. Шортом [4]. Указанные авторы показали, что повышение эффективности невозможно свести к автоматизации прежних операций: в ряде случаев требуется пересмотр самой последовательности работ, распределения ответственности и взаимодействия подразделений. Такая идея сохраняет значение и сегодня, однако содержание реструктуризации стало шире.

Научная дискуссия постепенно смещается к рассмотрению реструктуризации как части общей трансформации промышленной экономики. В работах К. Шваба, П. Верхафа, Г. Виала и других исследователей Индустрия 4.0 связывается с цифровизацией предприятий, промышленным интернетом вещей, большими данными, цифровыми двойниками и интегрированными информационными системами [5-7]. При этом цифровизация сама по себе не устраняет управленческие противоречия: неэффективный процесс, перенесенный в цифровую среду, может закрепить прежние организационные проблемы в новой технологической форме.

Переход к Индустрии 5.0 усиливает внимание к человекоцентричности, устойчивости и взаимодействию человеческого и машинного интеллекта. В исследованиях А. В. Бабкина, Е. В. Шкарупеты и других авторов промышленное развитие рассматривается через формирование киберсоциальных и интеллектуальных систем, где человек не исключается из производственного контура, а меняет свою роль [8; 9]. Искусственный интеллект, аналитические платформы и роботизированные решения передают алгоритмам часть рутинных и расчетных операций, тогда как работник смещается к постановке задач, контролю, интерпретации данных и принятию решений в условиях неопределенности. Поэтому современные методы реструктуризации должны учитывать не только технологические, но и кадровые изменения.

Самостоятельным направлением становится переход к экономике замкнутого цикла и принципам устойчивого развития. Если ранее результат реструктуризации чаще оценивался через себестоимость, производительность, прибыль и длительность производственного цикла, то теперь к экономическим эффектам добавляются экологические и социальные: снижение отходов, повторное использование ресурсов, безопасность труда, развитие компетенций, устойчивость занятости и качество взаимодействия с заинтересованными сторонами [10; 11]. Это влияет и на выбор методов: предприятие должно перестраивать не только процессы и структуру управления, но и ресурсную модель.

Цель статьи состоит в систематизации современных методов реструктуризации промышленных предприятий с учетом цифровой трансформации, перехода к Индустрии 4.0, Индустрии 5.0, перспектив Индустрии 6.0, развития искусственного интеллекта и экономики замкнутого цикла.

Методологическую основу исследования составили системный подход, сравнительный анализ, классификация и теоретическое обобщение. Системный подход позволяет рассматривать промышленное предприятие как совокупность взаимосвязанных производственных, организационных, технологических, кадровых, цифровых и ресурсных подсистем. Сравнительный анализ использован для сопоставления различных направлений реструктуризации, а классификация - для выделения основных групп современных методов.

В научной литературе не сложилось единого подхода к определению реструктуризации предприятия, что объясняется различием исследовательских задач и управленческих ситуаций. В наиболее общем виде под реструктуризацией можно понимать изменение структуры предприятия,

порядка взаимодействия его элементов и механизмов функционирования с целью повышения эффективности деятельности. Такой подход позволяет рассматривать реструктуризацию как более широкую категорию, чем реорганизация, поскольку она может затрагивать не только юридическую форму или управленческую схему, но и производственные, финансовые, кадровые, информационные и технологические связи предприятия.

В работах Г. Б. Клейнера предприятие рассматривается как сложная экономическая система, включенная в более широкий контур отраслевых, институциональных и межорганизационных связей [1]. Для анализа реструктуризации это имеет принципиальное значение, поскольку предприятие не может быть сведено только к совокупности цехов, оборудования и подразделений. Его изменение требует учета внутренних ресурсов, производственных ограничений, внешних связей, инвестиционных возможностей и долгосрочных последствий управленческих решений. В таком понимании реструктуризация становится не локальным мероприятием, а способом изменения системных характеристик предприятия.

Близкой к реструктуризации категорией в зарубежной управленческой литературе выступает реинжиниринг бизнес-процессов. М. Хаммер и Дж. Чампи определяли реинжиниринг как фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения существенных улучшений по ключевым показателям деятельности, таким как затраты, качество, сервис и скорость [2; 3]. Т. Давенпорт и Дж. Шорт, развивая указанную логику, связывали перепроектирование процессов с возможностями информационных технологий [4]. Однако реструктуризация промышленного предприятия шире реинжиниринга. Она может включать процессные преобразования, но одновременно затрагивает производственную модель, финансовую устойчивость, цифровую архитектуру, занятость, экологические параметры и систему отношений с внешними участниками.

Рассматривая современные методы реструктуризации промышленных предприятий, следует отметить изменение самого объекта преобразований. В более ранних подходах реструктуризация чаще связывалась с изменением системных характеристик предприятия и его организационно-управленческих связей [1], финансовым оздоровлением, сокращением затрат, а также с радикальным перепроектированием бизнес-процессов [2-4]. В настоящее время она все чаще затрагивает цифровую архитектуру предприятия [5-7], занятость, распределение интеллектуальных функций и человеко-машинное взаимодействие [8-10; 13; 14], производственную модель и принципы использования ресурсов [11; 15; 16].

Индустрия 4.0, как отмечается в работах К. Шваба, П. Верхафа, Г. Виала и других исследователей, опирается на цифровизацию, данные, промышленный интернет вещей, цифровые двойники и интеграцию информационных систем [5-7]. Индустрия 5.0 в исследованиях А. В. Бабкина, Е. В. Шкарупеты и других авторов, а также в аналитическом докладе М. Бреке, Л. Де Нул и А. Петридиса для Европейской комиссии раскрывается через человекоцентричность, устойчивость и взаимодействие человеческого и машинного интеллекта [8-10]. Перспективы Индустрии 6.0 в работах А. В. Бабкина, И. В. Либермана, П. М. Клачека, Е. В. Шкарупеты связываются с гиперсвязанными, нейроцифровыми и симбиотическими промышленными системами [12].

Изменение содержания реструктуризации промышленного предприятия в условиях перехода к новым индустриальным моделям представлено в таблице 1.

Таблица 1

Изменение содержания реструктуризации промышленного предприятия в условиях перехода к новым индустриальным моделям

Индустриальная модель	Основной управленческий акцент	Содержание реструктуризации	Преобладающие инструменты
Индустрия 4.0	Цифровизация, автоматизация, интеграция данных	Перестройка процессов на основе цифровых технологий, повышение прозрачности производства и управления	ERP, MES, промышленный интернет вещей, цифровые двойники, BI-аналитика, автоматизация документооборота
Индустрия 5.0	Человекоцентричность, устойчивость, взаимодействие человека и машины	Изменение занятости, компетенций, управленческих ролей, включение работника в интеллектуальный производственный контур	Искусственный интеллект, коллаборативные роботы, экспертные системы, аналитические платформы, системы поддержки принятия решений
Индустрия 6.0	Гиперсвязанность, нейроцифровые и симбиотические системы	Перспективная перестройка предприятия как части интеллектуальной промышленной экосистемы	Нейроцифровые технологии, самообучающиеся системы, распределенные платформы, интеллектуальные экосистемы

В рамках Индустрии 4.0 основное значение имеют цифровизация процессов и формирование единого информационного контура. Предприятие стремится видеть производство, запасы, заказы, затраты, загрузку мощностей и отклонения в общей системе данных. Вместе с тем цифровая реструктуризация не может быть результативной без предварительного анализа бизнес-процессов. Иначе предприятие получает цифровое воспроизводство прежней управленческой модели.

Индустрия 5.0 меняет постановку вопроса. Здесь важна уже не только технологическая эффективность, но и включенность человека в новый производственный формат работы. Искусственный интеллект, аналитические платформы и роботизированные решения могут брать на себя такие функции: прогнозирование, классификацию, подготовку вариантов решений и выявление отклонений. При этом человек не исчезает из системы управления, а переходит к постановке задач, оценке рисков, интерпретации результатов и работе с нестандартными ситуациями. Поэтому реструктуризация занятости должна пониматься не как простое сокращение работников, а как изменение содержания труда и структуры компетенций.

Индустрия 6.0 пока остается преимущественно перспективной научной концепцией, однако ее целесообразно учитывать как один из возможных ориентиров дальнейшего развития промышленности и человеко-машинных систем. Уже сейчас можно говорить о движении к промышленным экосистемам, в которых предприятие существует не изолированно, а во взаимодействии с цифровыми платформами, поставщиками данных, разработчиками алгоритмов, научными организациями, сервисными компаниями и потребителями. В такой ситуации реструктуризация выходит за пределы внутренней организационной схемы и затрагивает межорганизационные связи.

С учетом указанной эволюции можно выделить несколько групп современных методов реструктуризации промышленных предприятий. Их различие определяется не только применяемыми инструментами, но и тем, какой элемент предприятия становится объектом преобразований (табл.2).

Таблица 2

Классификация современных методов реструктуризации промышленных предприятий

Группа методов	Основные инструменты	Объект воздействия	Ожидаемый результат
Организационно-управленческие	изменение структуры управления, центры ответственности, проектное управление, регламентация функций	система управления и распределение ответственности	повышение управляемости, сокращение дублирования функций, ускорение принятия решений
Процессные	реинжиниринг бизнес-процессов, описание as-is/to-be, устранение лишних операций, стандартизация процессов	бизнес-процессы и межфункциональные связи	сокращение длительности процессов, снижение потерь, повышение прозрачности взаимодействия подразделений
Финансово-экономические	бюджетирование, управление оборотным капиталом, пересмотр инвестиционного портфеля, оптимизация затрат	финансовые потоки и структура затрат	повышение финансовой устойчивости, снижение издержек, рост инвестиционной привлекательности
Производственно-технологические	модернизация оборудования, бережливое производство, изменение производственной программы, управление качеством	производственная система и технологические операции	рост производительности, снижение брака, повышение загрузки мощностей
Цифровые	ERP, MES, BI, цифровые двойники, промышленный интернет вещей, электронный документооборот	информационные потоки и цифровая архитектура	повышение качества данных, ускорение контроля, интеграция процессов в едином цифровом контуре
Интеллектуально-когнитивные	искусственный интеллект, системы поддержки решений, предиктивная аналитика, экспертные системы	принятие решений, аналитические операции, распределение интеллектуальных функций	снижение нагрузки на персонал, повышение точности прогнозов, усиление человеко-машинной коллаборации
Кадровые	обучение, развитие цифровых компетенций, изменение мотивации, управление сопротивлением изменениям	персонал, компетенции и трудовые роли	адаптация работников к новым технологиям, снижение сопротивления, повышение качества занятости
Экологически ориентированные и циркулярные	экономика замкнутого цикла, повторное использование ресурсов, промышленный симбиоз, оценка жизненного цикла продукции	ресурсная модель и экологические параметры производства	снижение отходов, сокращение ресурсных потерь, повышение устойчивости предприятия

Данная классификация показывает, что современные методы реструктуризации не могут быть сведены к одному доминирующему направлению. Организационно-управленческие методы необходимы для устранения размытости ответственности, но сами по себе они не решают проблемы устаревших технологий. Процессные методы позволяют пересмотреть логику выполнения работ, однако без цифровой поддержки их результаты могут быть недостаточно устойчивыми. Финансово-экономические методы улучшают структуру затрат и движение денежных потоков, но не устраняют технологические причины неэффективности. Производственно-технологические методы дают прямой эффект в выпуске продукции и качестве, но требуют соответствующей кадровой и цифровой подготовки.

Наиболее заметное изменение связано с включением в реструктуризацию интеллектуально-когнитивных и циркулярных методов. Исследования, посвященные человекоцентричному искусственному интеллекту и Индустрии 5.0, показывают, что новая промышленная модель строится на синергии человеческих и машинных возможностей [13; 14]. Для промышленного предприятия это означает, что реструктуризация должна учитывать не только скорость обработки данных, но и качество решений, доверие к алгоритмам, прозрачность цифровых рекомендаций, готовность работников использовать результаты машинной аналитики. Здесь возникает более сложный тип преобразований, который затрагивает не только технику, но и управленческое мышление сотрудников, прежде всего руководителей и специалистов, принимающих решения на основе данных. В данном случае реструктуризация связана уже с корпоративной культурой, ценностными ориентирами и готовностью менеджмента доверять результатам человеко-машинного взаимодействия.

Экологически ориентированные и циркулярные методы также меняют содержание реструктуризации. В работах Е. Кристофферсена, Ф. Бломсмы, П. Микалефа, Дж. Ли, а также М. Н. Раича и соавторов экономика замкнутого цикла рассматривается во взаимосвязи с цифровыми технологиями и реинжинирингом производственных процессов [15; 16]. Для промышленных предприятий это существенно, поскольку ресурсная модель становится частью конкурентоспособности. Реструктуризация начинает оцениваться не только через себестоимость, прибыль, производительность и длительность цикла, но и через экологические и социальные результаты: объем отходов, повторное использование материалов, безопасность труда, развитие компетенций, устойчивость занятости и качество взаимодействия с заинтересованными сторонами.

Считаем, что современная реструктуризация промышленного предприятия должна строиться как выбор методов в зависимости от ключевого ограничения и целевой установки. Классификация методов реструктуризации должна быть связана с вектором индустриального перехода. В этом состоит главное отличие современного понимания реструктуризации от более ранних подходов, где она часто воспринималась как набор антикризисных или организационных мероприятий.

Заключение

Обобщение рассмотренных подходов показывает, что современные методы реструктуризации промышленных предприятий следует рассматривать значительно шире, чем традиционные меры финансового оздоровления, сокращения затрат или изменения организационной структуры. Реструктуризация становится способом адаптации предприятия к изменению индустриальной модели, цифровизации, развитию искусственного интеллекта, трансформации занятости и распространению принципов устойчивого развития.

В ходе исследования установлено, что содержание реструктуризации изменяется по мере перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 и перспективным контурам Индустрии 6.0. Для Индустрии 4.0 характерно усиление цифровых и процессных методов, связанных с автоматизацией, интеграцией данных и формированием единого информационного контура предприятия. Индустрия 5.0 смещает акцент на человекоцентричность, взаимодействие человеческого и машинного интеллекта, развитие компетенций и изменение трудовых ролей. Перспективы Индустрии 6.0 позволяют рассматривать промышленное предприятие уже не только как производственную единицу, но и как элемент интеллектуальной промышленной экосистемы.

Научная новизна проведенного обзора состоит в том, что методы реструктуризации систематизированы не только по объекту управленческого воздействия, но и по их связи с изменением индустриальных моделей. В результате выделены организационно-управленческие, процессные, финансово-экономические, производственно-технологические, цифровые, интеллектуально-когнитивные, кадровые, экологически ориентированные и циркулярные методы. Такая классификация позволяет избежать узкого понимания реструктуризации и учитывать разные направления преобразований: структуру управления, бизнес-процессы, финансовые потоки, производственную систему, цифровую архитектуру, персонал, интеллектуальные функции и ресурсную модель предприятия.

В современных условиях заметно возрастает роль интеллектуально-когнитивных и циркулярных методов. Использование искусственного интеллекта и систем поддержки принятия решений меняет не только скорость обработки информации, но и распределение функций между человеком и машиной. В свою очередь, переход к экономике замкнутого цикла расширяет критерии оценки реструктуризации: наряду с экономическими результатами учитываются экологические и социальные эффекты, включая снижение отходов, повторное использование ресурсов, безопасность труда, развитие компетенций и устойчивость занятости.

Выбор методов реструктуризации должен определяться ключевым ограничением и целевой установкой конкретного предприятия. При непрозрачности процессов приоритет получают процессные и цифровые методы; при высокой ресурсоемкости наибольшее значение приобретают производственно-технологические и циркулярные; при дефиците компетенций - кадровые; при перегрузке управленческих решений наиболее важны интеллектуальные инструменты. Поэтому реструктуризация не должна восприниматься как универсальный набор мероприятий. Она требует диагностики состояния предприятия, понимания его технологической и управленческой зрелости, а также оценки долгосрочных экономических, социальных и экологических последствий.

Таким образом, современная реструктуризация промышленного предприятия представляет собой комплексную перестройку организационных, производственных, цифровых, кадровых, интеллектуальных и ресурсных параметров деятельности. Ее результативность определяется не только снижением затрат или ростом производительности, но и способностью предприятия встроиться в новую индустриальную логику, основанную на данных, искусственном интеллекте, человеко-машинной коллаборации, устойчивом развитии и экономике замкнутого цикла.

Литература

1. Клейнер Г. Б. Системная парадигма и теория предприятия // Вопросы экономики. - 2002. - № 10. - С. 47-69.
2. Hammer M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate // Harvard Business Review. - 1990. - Vol. 68. - № 4. - P. 104-112.
3. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. - New York: Harper Business, 1993. - 223 p.
4. Davenport T. H., Short J. E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign // Sloan Management Review. - 1990. - Vol. 31. - № 4. - P. 11-27.
5. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. - Geneva: World Economic Forum, 2016. - 184 p.
6. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. - 2021. - Vol. 122. - P. 889-901. - DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
7. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // The Journal of Strategic Information Systems. - 2019. - Vol. 28. - № 2. - P. 118-144. - DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
8. Бабкин А. В., Федоров А. А., Либерман И. В., Клачек П. М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. - 2021. - Т. 14. - № 4. - С. 375-395. – DOI 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395.
9. Бабкин А. В., Глухов В. В., Шкарупета Е. В. Методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем // Организатор производства. - 2022. - Т. 30. - № 3. - С. 7-20.
10. Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry. - Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. - DOI: 10.2777/308407.
11. Каплюк Е. В. Бизнес-модели циркулярной экономики и цифровые технологии в инновационном развитии промышленности // Вестник Академии знаний. - 2022. - № 3 (50). - С. 127-133.
12. Бабкин А. В., Либерман И. В., Клачек П. М., Шкарупета Е. В. Индустрия 6.0: методология, инструментарий, практика // π-Economy. - 2025. - Т. 18. - № 1. - С. 21-56. - DOI: 10.18721/JE.18102.
13. Tóth A., Nagy L., Kennedy R., Bohuš B., Abonyi J., Ruppert T. The human-centric Industry 5.0 collaboration architecture // MethodsX. - 2023. - Vol. 11. - Article 102260. - DOI: 10.1016/j.mex.2023.102260.
14. Rožanec J. M., Novalija I., Zajec P., Kenda K., Tavakoli H., Suh S., Veliou E., Papamartzivanos D., Giannetsos T., Menesidou S. A., Alonso R., Cauli N., Meloni A., Reforgiato Recupero D., Kyriazis D., Sofianidis G., Theodoropoulos S., Fortuna B., Mladenić D., Soldatos J. Human-centric artificial intelligence architecture for Industry 5.0 applications // International Journal of Production Research. - 2023. - Vol. 61. - № 20. - P. 6847-6872.

15. Kristoffersen E., Blomsma F., Mikalef P., Li J. The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies // Journal of Business Research. - 2020. - Vol. 120. - P. 241-261. - DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.07.044.

16. Rajić M. N., Stanković Z. Z., Mančić M. V., Milosavljević P. M., Maksimović R. Business Process Reengineering with a Circular Economy PDCA Model from the Perspective of Manufacturing Industry // Processes. - 2024. - Vol. 12. - № 5. - Article 877. - DOI: 10.3390/pr12050877.

Modern methods of industrial enterprise restructuring

Sapar K.S.
Ural Institute of Management — branch of RANEPA

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines modern methods of industrial enterprise restructuring in the context of digital transformation, the transition to Industry 4.0, Industry 5.0 and the emerging contours of Industry 6.0. It is argued that restructuring can no longer be interpreted only as financial recovery, cost reduction or a change in the organizational structure. With the development of artificial intelligence, human-machine collaboration, circular economy and sustainable development principles, restructuring becomes a comprehensive transformation of production, organizational, digital, personnel, intellectual and resource parameters of enterprise activity. The scientific novelty of the article lies in the systematization of restructuring methods with regard to the changing industrial models and the expansion of criteria for assessing transformation results. The article proposes a classification of modern restructuring methods, including organizational and managerial, process-based, financial and economic, production and technological, digital, intellectual and cognitive, personnel-related, environmentally oriented and circular methods. It is concluded that restructuring methods should be selected on the basis of the key constraint of a particular enterprise.

Keywords: restructuring, industrial enterprise, business process reengineering, digital transformation, Industry 4.0, Industry 5.0, artificial intelligence.

References

1. Kleiner G. B. Sistemnaya paradigma i teoriya predpriyatiya [System paradigm and enterprise theory]. Voprosy ekonomiki, 2002, no. 10, pp. 47-69.
2. Hammer M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. Harvard Business Review, 1990, vol. 68, no. 4, pp. 104-112.
3. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York, Harper Business, 1993, 223 p.
4. Davenport T. H., Short J. E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. Sloan Management Review, 1990, vol. 31, no. 4, pp. 11-27.
5. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva, World Economic Forum, 2016, 184 p.
6. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research, 2021, vol. 122, pp. 889-901. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
7. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, vol. 28, no. 2, pp. 118-144. DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
8. Babkin A. V., Fedorov A. A., Liberman I. V., Klachek P. M. Industriya 5.0: ponyatie, formirovanie i razvitie [Industry 5.0: concept, formation and development]. Ekonomika promyshlennosti, 2021, vol. 14, no. 4, pp. 375-395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395.
9. Babkin A. V., Glukhov V. V., Shkarupeta E. V. Metodika otsenki tsifrovoy zrelosti otraslevykh promyshlennykh ekosistem [Methodology for assessing digital maturity of sectoral industrial ecosystems]. Organizator proizvodstva, 2022, vol. 30, no. 3, pp. 7-20.
10. Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2021. DOI: 10.2777/308407.
11. Kaplyuk E. V. Biznes-modeli tsirkulyarnoy ekonomiki i tsifrovye tekhnologii v innovatsionnom razvitii promyshlennosti [Circular economy business models and digital technologies in innovative industrial development]. Vestnik Akademii znaniy, 2022, no. 3(50), pp. 127-133.
12. Babkin A. V., Liberman I. V., Klachek P. M., Shkarupeta E. V. Industriya 6.0: metodologiya, instrumentariy, praktika [Industry 6.0: methodology, tools, practice]. π-Economy, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 21-56. DOI: 10.18721/JE.18102.
13. Tóth A., Nagy L., Kennedy R., Bohuš B., Abonyi J., Ruppert T. The human-centric Industry 5.0 collaboration architecture. MethodsX, 2023, vol. 11, article 102260. DOI: 10.1016/j.mex.2023.102260.
14. Rožanec J. M., Novalija I., Zajec P., Kenda K., Tavakoli H., Suh S., Veliou E., Papamartzivanos D., Giannetsos T., Menesidou S. A., Alonso R., Cauli N., Meloni A., Reforgiato Recupero D., Kyriazis D., Sofianidis G., Theodoropoulos S., Fortuna B., Mladenić D., Soldatos J. Human-centric artificial intelligence architecture for Industry 5.0 applications. International Journal of Production Research, 2023, vol. 61, no. 20, pp. 6847-6872.
15. Kristoffersen E., Blomsma F., Mikalef P., Li J. The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. Journal of Business Research, 2020, vol. 120, pp. 241-261. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.07.044.
16. Rajić M. N., Stanković Z. Z., Mančić M. V., Milosavljević P. M., Maksimović R. Business Process Reengineering with a Circular Economy PDCA Model from the Perspective of Manufacturing Industry. Processes, 2024, vol. 12, no. 5, article 877. DOI: 10.3390/pr12050877.

Расширенная классификация управленческих рисков некоммерческих медиаорганизаций в условиях цифровизации и санкций: инструмент перехода от реактивного к проактивному управлению

Сваид Симон
аспирант, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, simon.swaid@mail.ru

В статье рассматривается актуальная проблема управления стратегической устойчивостью некоммерческих медиаорганизаций в условиях одновременного давления процессов цифровой трансформации и внешних институциональных ограничений. Существующие подходы — PEST-анализ, модель пяти сил М. Портера, классические матрицы SWOT — ориентированы преимущественно на коммерческие организации и не учитывают специфики неэкономических целевых функций общественно значимого вещания. Цель работы — обосновать расширенную классификацию управленческих угроз и рисков для некоммерческих медиаорганизаций, интегрирующую технологические, экономические и коммуникативные факторы в единую аналитическую систему. Методологическую основу составляют качественный кейс-стади (RT, Sputnik, ТАСС, 2022–2025 гг.), контент-анализ корпоративной отчётности и публичных коммуникаций, экспертный онлайн-опрос (n = 314 руководителей и специалистов российских и зарубежных медиа), а также качественная оценка вероятности и силы влияния угроз. Результаты исследования формализованы в виде трёхкластерной классификации (девять ключевых угроз), карты стратегических рисков и сопоставительной таблицы с традиционными аналитическими инструментами. Установлено, что критический уровень риска формируют блокировка на глобальных цифровых платформах, репутационная делегитимация и разрыв рекламных контрактов. Практическая значимость результатов заключается в формировании инструментария для перехода от реактивного антикризисного реагирования к проактивному управлению устойчивостью медиаорганизации, что востребовано менеджерами государственных и общественных медиа, а также регуляторами информационной сферы.

Ключевые слова: некоммерческая медиаорганизация, цифровая трансформация, управленческие риски, стратегическая устойчивость, санкции, проактивное управление, RT.

Введение

Современная медиасреда переживает наложение двух разнонаправленных процессов: ускоренной цифровизации производства и дистрибуции контента и роста институциональных ограничений, связанных с санкционным режимом, политикой глобальных цифровых платформ и фрагментацией международного информационного пространства. Для некоммерческих медиаорганизаций, целью которых является не максимизация прибыли, а реализация общественно значимых функций (государственное и общественное вещание, публичная дипломатия, информационный суверенитет), эти процессы порождают принципиально иной профиль рисков по сравнению с коммерческими медиакорпорациями [1; 7].

Кризис 2022–2025 гг. наглядно показал, что инструменты, разработанные для стабильной конкурентной среды (PEST-анализ, модель пяти сил М. Портера, классический SWOT), не позволяют корректно классифицировать угрозы, возникающие на стыке технологий, финансов и репутации. Случаи RT, Sputnik и ТАСС демонстрируют, что блокировка на глобальных платформах, заморозка зарубежных активов и одновременное падение доверия на одних рынках при его росте на других требуют интегрированного, а не отраслево-фрагментированного описания.

Цель настоящей статьи — обосновать расширенную классификацию ключевых управленческих угроз и рисков для некоммерческих медиаорганизаций в условиях цифровизации и санкций и показать, как она обеспечивает переход от реактивного антикризисного реагирования к проактивному управлению стратегической устойчивостью.

Теоретические основы исследования

Теоретическую базу исследования образует синтез четырёх научных традиций. Системная теория предприятия Г. Б. Клейнера трактует организацию как пространственно-временной комплекс взаимодействующих подсистем, что позволяет описывать медиаорганизацию через совокупность технологического, экономического и коммуникативного контуров и идентифицировать угрозы одновременно во всех трёх плоскостях [6; 5].

Концепция стратегических приоритетов развития некоммерческих организаций С. В. Панасенко и инструменты адаптации, предложенные совместно с О. Ю. Кирилловой, обосновывают необходимость отдельной типологии рисков для организаций с социально-ориентированной целевой функцией [7; 4]. В работах Е. Л. Вартановой и её соавторов формализован концепт национальной медиасистемы и её устойчивости в условиях цифровизации; именно они задают категориальный аппарат для описания институциональных и репутационных угроз [1; 2; 3]. Исследования С. С. Смирнова, посвящённые трансформации российского медиарынка под влиянием санкций и изменению структур собственности, формируют эмпирический контур для оценки финансовых и операционных рисков [8; 9].

Зарубежная традиция представлена концепцией динамических способностей Д. Тиса, П. Пизано и А. Шуэна [12], институциональной экономикой Д. Норта [11] и концепцией институционального изоморфизма П. Димаджио и У. Пауэлла [10]. Эти теории позволяют объяснить, почему стратегическая устойчивость медиаорганизации зависит не только от внутренних компетенций, но и от способности гибко перестраивать институциональные связи при разрыве с одними рынками и входе на другие.

Материалы и методы исследования

Исследование построено по логике сравнительного качественного кейс-стади и охватывает три ключевых субъекта российской некоммерческой медиасреды — RT, Sputnik и ТАСС в период 2022–2025 гг. Выбор кейсов обусловлен критериальным подходом: организации функционируют в условиях интенсивного санкционного давления, имеют статус некоммерческих по основной деятельности и активно ведут цифровую трансформацию.

Эмпирическую базу составили: (а) данные веб-аналитики и публичной корпоративной отчётности указанных медиаорганизаций; (б) контент-анализ официальных коммуникаций, пресс-релизов и интервью

топ-менеджеров за 2022–2025 гг.; (в) экспертный онлайн-опрос руководителей и специалистов российских и зарубежных медиа (n = 314), проведённый автором; (г) вторичные данные международных аналитических агентств о структуре аудитории и динамике охватов.

Для классификации рисков применялся следующий алгоритм: выявление угрозы из эмпирических источников → отнесение к одному из трёх кластеров (технологический, экономический, коммуникативный) → описание характера влияния → качественная оценка силы влияния (низкое / среднее / высокое) и вероятности (низкая / средняя / высокая) с использованием экспертных оценок → расчёт интегрального уровня риска по комбинированной матрице «вероятность × влияние». Результаты валидировались сопоставлением с публичными высказываниями отраслевых экспертов и руководителей RT.

Результаты исследования

Систематизация эмпирического материала позволила выделить девять ключевых управленческих угроз, объединённых в три кластера: технологический, экономический и коммуникативный. Каждая угроза описана по восьми критериям и сопровождается конкретным примером из практики некоммерческих медиаорганизаций. Сводные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расширенная классификация ключевых управленческих угроз для некоммерческих медиаорганизаций в условиях цифровизации и санкций

Кластер	Конкретная угроза	Пример из кейса (RT / Sputnik / ТАСС)	Характер влияния	Оценка влияния	Вероятность	Интегральный риск
Технологический	Блокировка на глобальных цифровых платформах	RT и Sputnik: массовое удаление аккаунтов в 2022–2024 гг. (более 40 аккаунтов только в TikTok)	Операционный	Высокое	Высокая	Критический
Технологический	Ограничение доступа к западному ПО и облачным сервисам	RT: переход на отечественные и open-source решения, рост технологической независимости с 60 % до 95 %	Инфраструктурный	Высокое	Средняя	Высокий
Технологический	Алгоритмическая деплатформизация	RT: падение органического охвата в YouTube после 2022 г.; компенсация через Telegram (+348 %)	Маркетинговый	Среднее	Средняя	Средний
Экономический	Заморозка банковских счетов и активов за рубежом	RT и Sputnik: блокировка счетов в ЕС, невозможность оплаты X Premium	Финансовый	Высокое	Средняя	Высокий
Экономический	Разрыв рекламных и партнёрских контрактов	Уход международных рекламодателей; переориентация на рынки БРИКС	Доходный	Высокое	Высокая	Критический
Экономический	Ограничения платёжных систем	Невозможность приёма донатов; развитие собственных платёжных инструментов	Финансовый / операционный	Среднее	Средняя	Средний
Коммуникативный	Репутационная делегитимация на западных рынках	Маркировка RT как «инструмента пропаганды»; запрет вещания в ЕС, США, Канаде	Репутационный	Высокое	Высокая	Критический
Коммуникативный	Разнонаправленная динамика доверия аудитории	Европа: доверие упало; страны Глобального Юга: рост (доля БРИКС+ с 35 % до 68 %)	Репутационный / рыночный	Среднее	Низкая	Низкий
Коммуникативный	Вытеснение из профессиональных ассоциаций	RT и Sputnik: отказ в аккредитации; компенсация через TV BRICS	Институциональный	Среднее	Средняя	Средний

Источник: составлено автором на основе данных корпоративной отчётности RT, Sputnik, ТАСС за 2022–2025 гг. и экспертного онлайн-опроса (n = 314).

Анализ данных таблицы 1 показывает, что три угрозы образуют зону критического риска: блокировка глобальных цифровых платформ, разрыв рекламных контрактов и репутационная делегитимация. Они сочетают высокую вероятность реализации с высоким уровнем влияния одновременно на операционный, доходный и репутационный контуры медиаорганизации и потому требуют приоритетного управленческого воздействия.

Распределение угроз по сетке «вероятность × влияние» формирует карту стратегических рисков (рисунок 1), на которой визуально выделяются три зоны: критическая (верхний правый квадрант), высокая и средняя (центральные квадранты) и низкая (нижний левый квадрант). Такая визуализация позволяет менеджменту приоритизировать ресурсы цифровой трансформации.

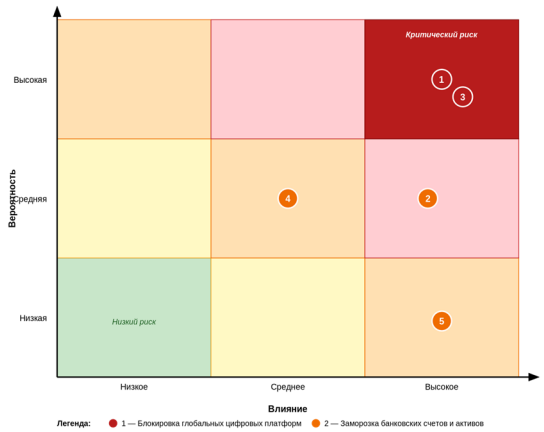


Рисунок 1 — Карта стратегических рисков некоммерческой медиаорганизации в условиях санкционного давления (качественная оценка на примере RT и Sputnik, 2022–2025 гг.)
Источник: составлено автором.

Предложенная классификация выполняет три взаимосвязанные функции. Во-первых, она систематизирует комплексные вызовы, объединяя ранее изолированно рассматривавшиеся технологические, финансовые и репутационные угрозы в единую аналитическую картину. Во-вторых, она предоставляет основу для целевого планирования мер цифровой трансформации: каждой угрозе соответствует конкретный кластер управленческих решений (миграция на альтернативные платформы, импортозамещение ПО, перестройка модели монетизации, выстраивание партнёрств в странах БРИКС+). В-третьих, она обеспечивает переход от реактивного антикризисного реагирования к проактивному построению стратегической устойчивости, увязывая операционный, финансовый, маркетинговый и институциональный контуры в одной аналитической рамке.

Классификация органично связана с трёхуровневой моделью управления цифровой трансформацией некоммерческой медиаорганизации: инфраструктурно-технологический уровень отвечает за купирование технологического кластера рисков, экономико-управленческий — экономического, а коммуникативно-репутационный — коммуникативного. Такая увязка превращает классификацию из описательного инструмента в управленческий контур принятия решений.

Валидность управленческих стратегий, противопоставленных каждому кластеру угроз, подтверждена сопоставлением с публичными высказываниями и экспертными оценками руководителей RT, что отражено в таблице 2.

Таблица 2

Валидация ключевых стратегий адаптации через публичные высказывания и экспертные оценки

Стратегическое направление	Управленческий механизм	Результат адаптации
Глобальное позиционирование	Использование внешних ограничений как индикатора значимости	Укрепление имиджа влиятельного глобального медиа
Публичная дипломатия	Интеграция в приоритеты внешней политики	Расширение присутствия в странах с формирующимися рынками
Платформенная устойчивость	Миграция на альтернативные цифровые платформы	Сохранение и консолидация многомиллионной аудитории
Легитимация на новых рынках	Адаптация контента под запросы региональной аудитории	Признание в странах БРИКС и Глобального Юга
Контентная дифференциация	Позиционирование как альтернативного источника информации	Формирование доверия по темам, маргинализированным в западных СМИ
Международное партнёрство	Встраивание в антигегемонистский дискурс	Поддержка со стороны стран, разделяющих принципы суверенитета
Технологическое лидерство	Демонстрация инновационных решений (ИИ, блокчейн, P2P)	Признание профессиональным сообществом и расширение партнёрств

Источник: составлено автором на основе контент-анализа публичных высказываний руководителей и экспертов медиаотрасли за 2022–2025 гг.

Сравнение предложенного инструментария с традиционными аналитическими подходами (PEST, пять сил М. Портера, классический SWOT) представлено в таблице 3 и показывает его управленческую, а не описательную направленность.

Таблица 3

Сравнительный анализ предлагаемой классификации с традиционными подходами (PEST, пять сил М. Портера, SWOT)

Критерий сравнения	Традиционные подходы	Предлагаемая классификация
Объект анализа	Контент, дискурс, общие факторы внешней среды	Управленческие механизмы и риски НКО-медиа
Характер	Описательный	Инструментальный
Направленность	Анализ прошлого	Проектирование будущего
Измеримость	Преимущественно качественная	Качественно-количественная (матрица «вероятность × влияние»)
Применимость	Исследовательская	Управленческая (для разных типов НКО-медиа)

Источник: составлено автором.

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с положениями системной теории предприятия Г. Б. Клейнера, согласно которой устойчивость организации обеспечивается одновременной балансировкой её подсистем [6]. Идентифицированные три кластера угроз — технологический, экономический и коммуникативный — корреспондируют с тремя ключевыми контурами медиаорганизации, что подтверждает прикладную состоятельность системного подхода в условиях санкционного давления.

В отличие от PEST-анализа, фиксирующего влияние общих факторов внешней среды (политических, экономических, социальных и технологических), предложенная классификация концентрируется на конкретных управленческих рисках и их измеримых последствиях. По сравнению с моделью пяти сил М. Портера, ориентированной на отраслевую конкуренцию, она учитывает специфику некоммерческой целевой функции и институционального давления, для которого характерны механизмы изоморфизма [10]. Концепция динамических способностей [12] и институциональная теория Д. Норта [11] объясняют, почему успешные стратегии адаптации, валидированные в таблице 2, основаны на способности быстро перестраивать институциональные связи.

Ограничения исследования связаны прежде всего с единичным сравнительным кейсом российских некоммерческих медиа и с качественным характером оценок вероятности и влияния угроз. Расширение выборки за счёт зарубежных некоммерческих медиа (BBC, Deutsche Welle, France Médias Monde) и количественная калибровка матрицы «вероятность × влияние» на основе статистики инцидентов представляют собой перспективные направления дальнейших исследований.

Заключение и рекомендации

Предложенная расширенная классификация управленческих угроз и рисков формирует целостный аналитический инструмент, позволяющий некоммерческим медиаорганизациям перейти от реактивного антикризисного реагирования к проактивному управлению стратегической устойчивостью в условиях цифровизации и санкций. Девять угроз, объединённых в три кластера, описаны по восьми критериям, что обеспечивает сопоставимость кейсов и транслируемость управленческих решений между организациями со схожей миссией.

Менеджерам некоммерческих медиаорганизаций рекомендуется: (1) встраивать карту стратегических рисков в регулярный цикл стратегического планирования; (2) формировать сбалансированный портфель цифровых платформ для снижения зависимости от глобальных посредников; (3) увязывать инвестиции в импортозамещение программного обеспечения с целевыми показателями технологической независимости; (4) развивать партнёрские отношения со странами БРИКС+ как механизм компенсации репутационных рисков.

Регуляторам информационной сферы целесообразно: (1) рассматривать управленческие риски НКО-медиа как самостоятельный объект мониторинга, отдельный от рисков коммерческих СМИ; (2) формировать инфраструктурные условия для альтернативных цифровых платформ и национальных платёжных решений; (3) поддерживать профессиональные ассоциации БРИКС+, снижающие риски институционального вытеснения.

Литература

1. Вартанова Е. Л. Медиасистема России / под ред. Е. Л. Вартановой. — 3-е изд. — М. : Аспект Пресс, 2021. — 384 с.
2. Вартанова Е. Л. Российская медиасистема в условиях цифровизации: динамика и актуальные характеристики / Е. Л. Вартанова // Политическая наука. — 2026. — № 2. — С. 21–42.
3. Вартанова Е. Л. Теория медиа как перекрёсток научных подходов и методов / Е. Л. Вартанова // Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика. — 2018. — № 5. — С. 3–15.
4. Вартанов С. А., Тышецкая А. Ю. Российская модель использования ИИ в цифровых экосистемах медиакоммуникационной индустрии / С. А. Вартанов, А. Ю. Тышецкая // Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика. — 2025. — Т. 10, № 5. — С. 23–53.
5. Клейнер Г. Б. От теории предприятия к теории стратегического управления / Г. Б. Клейнер // Российский журнал менеджмента. — 2003. — Т. 1, № 1. — С. 31–56.
6. Клейнер Г. Б. Системная экономика: шаги развития : монография / Г. Б. Клейнер ; предисловие акад. В. Л. Макарова. — М. : Издательский дом «Научная библиотека», 2021. — 746 с.
7. Панасенко С. В., Кириллова О. Ю. Управление некоммерческими организациями в условиях неопределённости: инструменты адаптации / С. В. Панасенко, О. Ю. Кириллова // Менеджмент в России и за рубежом. — 2024. — № 2. — С. 32–41.
8. Смирнов С. С. Трансформация российского медиарынка под влиянием санкций: структурные изменения и новые вызовы / С. С. Смирнов // Медиаэкономика России. — 2025. — № 1. — С. 45–60.
9. Смирнов С. С. Трансформация структур собственности на медиарынке России в новых экономических условиях / С. С. Смирнов // Медиамонитор. — 2026. — № 2.
10. DiMaggio P. J., Powell W. W. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields // American Sociological Review. — 1983. — Vol. 48, № 2. — P. 147–160.
11. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance / D. C. North. — Cambridge : Cambridge University Press, 1990. — 159 p.
12. Teece D. J., Pisano G., Shuen A. Dynamic Capabilities and Strategic Management / D. J. Teece, G. Pisano, A. Shuen // Strategic Management Journal. — 1997. — Vol. 18, № 7. — P. 509–533.

Extended classification of managerial risks for non-profit media organizations under digitalization and sanctions: a tool for the transition from reactive to proactive management

Swaid Simon

Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article addresses the problem of managing strategic resilience of non-profit media organizations under the simultaneous pressure of digital transformation and external institutional restrictions. Existing tools — PEST analysis, Porter's five forces model and classical SWOT matrices — are designed primarily for commercial firms and do not capture the non-economic objective functions of socially significant broadcasting. The purpose of the study is to substantiate an extended classification of managerial threats and risks for non-profit media organizations that integrates technological, economic and communicative factors into a single analytical system. The methodology combines a qualitative case study of RT, Sputnik and TASS (2022–2025), content analysis of corporate reports and public communications, an online expert survey (n = 314 managers and specialists of Russian and foreign media), and a qualitative assessment of the probability and impact of threats. The results are formalized as a three-cluster classification (nine key threats), a strategic risk map and a comparative table with traditional analytical instruments. Platform blocking, reputational delegitimization and the rupture of advertising contracts form the critical risk zone. The practical value lies in equipping managers and regulators with a tool for the transition from reactive crisis response to proactive resilience management.

Keywords: non-profit media organization, digital transformation, managerial risks, strategic resilience, sanctions, proactive management, RT.

References

1. Vartanova, E. L., “The Russian Media System” / edited by E. L. Vartanova. — 3rd ed. — Moscow: Aspekt Press, 2021. — 384 p.
2. Vartanova, E. L., “The Russian Media System in the Context of Digitalization: Dynamics and Current Characteristics” / E. L. Vartanova // Political Science. — 2026. — No. 2. — pp. 21–42.
3. Vartanova, E. L., “Media Theory as an Intersection of Scientific Approaches and Methods” / E. L. Vartanova // Bulletin of Moscow University. Series 10. Journalism. — 2018. — No. 5. — pp. 3–15.
4. Vartanov S. A., Tyshetskaya A. Yu. Russian Model of Using AI in Digital Ecosystems of the Media and Communications Industry / S. A. Vartanov, A. Yu. Tyshetskaya // Bulletin of Moscow University. Series 10. Journalism. - 2025. - Vol. 10, No. 5. - Pp. 23-53.
5. Kleiner G. B. From Enterprise Theory to Strategic Management Theory / G. B. Kleiner // Russian Journal of Management. - 2003. - Vol. 1, No. 1. - Pp. 31-56.
6. Kleiner G. B. System Economy: Steps of Development: monograph / G. B. Kleiner; foreword by academician V. L. Makarova. - Moscow: Publishing House "Scientific Library", 2021. - 746 p.
7. Panasenko S. V., Kirillova O. Yu. Managing Non-Commercial Organizations in Conditions of Uncertainty: Adaptation Tools / S. V. Panasenko, O. Yu. Kirillova // Management in Russia and Abroad. - 2024. - No. 2. - Pp. 32-41.
8. Smirnov S. S. Transformation of the Russian Media Market under the Influence of Sanctions: Structural Changes and New Challenges / S. S. Smirnov // Media Economy of Russia. - 2025. - No. 1. - Pp. 45-60.
9. Smirnov S. S. Transformation of Ownership Structures in the Russian Media Market in the New Economic Conditions / S. S. Smirnov // Media Monitor. - 2026. - No. 2.

Разработка механизма управления устойчивым развитием промышленных предприятий на основе интеграции информационных технологий

Со Пьей Хейн
аспирант, кафедра экономики и управления предприятием, Московский государственный технологический университет (СТАНКИН), soepyaehein.phd@gmail.com,

Бадалова Анна Георгиевна
д.э.н., проф., кафедра экономики и управления предприятием, Московский государственный технологический университет (СТАНКИН), abadalova@mail.ru

В статье представлены результаты разработки механизма управления устойчивым развитием промышленных предприятий в условиях цифровой экономики. На основе системного и процессного подходов предложена авторская концептуальная модель, включающая семь принципов и пять целевых факторов устойчивости, реализуемая через замкнутый управленческий цикл «диагностика — планирование — реализация — мониторинг — корректировка». В качестве инструментальной основы механизма разработана архитектура Единой цифровой ESG-платформы с пятью функциональными модулями. Для количественной оценки уровня устойчивого развития предложен Сводный индекс устойчивого развития (СИУР), включающий четыре блока индикаторов: индекс экономической устойчивости (ИЭУ), индекс социальной ответственности (ИСО), индекс экологической эффективности (ИЭЭ) и разработанный автором инновационно-технологический индекс (ИИТГ). Апробация механизма на ПАО «ГМК «Норильский никель» подтвердила сокращение трудозатрат на 75–80%, совокупный годовой эффект 6,5 млн руб. и NPV 3,2 млн руб. за пять лет.

Ключевые слова: устойчивое развитие, промышленное предприятие, механизм управления, ИТ-интеграция, ESG, СИУР, ИИТГ, цифровая трансформация, предиктивная аналитика.

Введение

Проблема обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий приобретает особую актуальность в условиях нарастающей цифровизации экономики, усиления экологических требований и волатильности внешней среды. Согласно данным Росстата, за период 2022–2025 гг. накопленный прирост обрабатывающего сектора промышленности России составил 21%: лидерами роста стали производство прочего транспорта (в 3,4 раза), электроники и оптики (в 2,1 раза), готовых металлических изделий (в 1,5 раза) [1]. Столь динамичный рост создаёт одновременно возможности и вызовы в части экологической нагрузки, социальной ответственности и технологической модернизации.

Между тем исследования фиксируют принципиальный разрыв: лишь 15% российских промышленных предприятий систематически используют информационные технологии для управления устойчивым развитием [2]. Это означает, что подавляющее большинство компаний управляют ESG-параметрами реактивно — по факту отклонения, а не проактивно — на основе прогнозных моделей.

Традиционные ESG-модели ограничиваются тремя измерениями — экономическим, социальным и экологическим, — не учитывая технологический уровень предприятия как самостоятельный фактор устойчивости. Отсутствие интегрированного ИТ-инструментария приводит к фрагментированности данных, запаздыванию управленческих решений и невозможности прогнозирования рисков устойчивости.

Цель настоящей статьи — разработка и обоснование механизма управления устойчивым развитием промышленных предприятий на основе интеграции информационных технологий в замкнутый управленческий цикл с верификацией на практическом примере.

Теоретические основы и обзор литературы

Концептуальные основы устойчивого развития заложены в докладе Комиссии Брундтланд (1987), определившем устойчивое развитие как «удовлетворение потребностей настоящего без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять свои потребности» [4]. Elkington J. развил данную концепцию, предложив концепцию Triple Bottom Line: измерение результатов деятельности по трём измерениям — экономическому, экологическому и социальному, — получившую широкое распространение как основа ESG-отчётности [5].

Шваб К. обосновал роль цифровых технологий как ключевого фактора конкурентоспособности в условиях Четвёртой промышленной революции, отметив, что интеграция киберфизических систем, искусственного интеллекта и Интернета вещей кардинально меняет производственные модели [3, 7]. В российском контексте программа «Цифровая экономика Российской Федерации» закрепила приоритет цифровой трансформации промышленности как условия её конкурентоспособности [8].

Birkel H. S. и Hartmann E. исследовали потенциал IoT для управления устойчивостью и показали, что интеграция датчиков и платформ реального времени позволяет перейти от ретроспективного к предиктивному ESG-управлению [13]. Тарасов И. В. систематизировал концепции Индустрии 4.0 применительно к российской промышленности, выделив ключевые технологические драйверы цифровизации [14].

Анализ существующих подходов выявил три принципиальных ограничения: (1) ESG-методики не включают цифровизацию как самостоятельное измерение устойчивости; (2) инструментарий оценки устойчивости не интегрирован с операционными ИТ-системами предприятий; (3) управленческие циклы не замкнуты через механизмы обратной связи на основе ML-предиктивной аналитики. Настоящее исследование направлено на устранение указанных ограничений.

Концептуальная модель управления устойчивым развитием

В основу предлагаемого механизма положена авторская концептуальная модель, включающая три уровня: ценностный (7 принципов), операционный (5 целевых факторов) и инструментальный (ИТ-система и СИУР). Модель рассматривает предприятие как открытую систему, функционирующую в трёх уровнях среды: макросреде (геополитика, регулирование, рынки), мезосреде (отрасль, партнёры, стандарты GRI/SASB) и микросреде (внутренние процессы и ресурсы).

Семь принципов устойчивого развития, операционализированных через измеримые ИТ-зависимые показатели: прозрачность, инновационность, экологическая безопасность, адаптивность, ответственность, долгосрочность и социальная адаптируемость. Принципиальное отличие от существующих моделей состоит в том, что каждый принцип закреплён за конкретным KPI, автоматически рассчитываемым через ИТ-систему, что исключает субъективность оценки.

Пять целевых факторов определяют организационно-технологические условия реализации принципов: (1) модернизация производственных процессов; (2) комплексная адаптивность к изменениям среды; (3) надёжность и непрерывность операций; (4) интеграция ИТ-систем в управленческие процессы; (5) гибкость как системное свойство — заранее спроектированная способность предприятия перестраиваться без разрушения основной структуры.

Механизм управления реализует замкнутый управленческий цикл из пяти последовательных этапов: диагностика (SWOT-анализ, расчёт СИУР) → планирование (стратегическая карта, KPI) → реализация (Agile/Kanban, кросс-функциональные команды) → мониторинг (дашборды в режиме реального времени) → корректировка (ML-рекомендации, human-in-the-loop). Замкнутость обеспечивается двумя контурами обратной связи: оперативным (дни/недели) и стратегическим (квартал/год).

Система показателей СИУР

Для количественной оценки уровня устойчивого развития разработан Сводный индекс устойчивого развития (СИУР), объединяющий четыре блока индикаторов. Расчётная формула:

$$\mathbf{СИУР = w_1 \cdot ИЭУ + w_2 \cdot ИСО + w_3 \cdot ИЭЭ + w_4 \cdot ИИТГ}$$

где w_1–w_4 — весовые коэффициенты блоков (в базовой версии равные: w=0,25; уточняются методом экспертных оценок в зависимости от отраслевой специфики).

Таблица 1
Состав и ключевые индикаторы блоков СИУР

Блок СИУР	Ключевые индикаторы	Источник данных
ИЭУ — Экономическая устойчивость	EBITDA, рентабельность активов, выручка, темп роста	ERP-система, финансовая отчётность
ИСО — Социальная ответственность	LTIFR, индекс удовлетворённости персонала, охват обучения	HRM-система, опросы
ИЭЭ — Экологическая эффективность	Выбросы CO_2/SO_2, энергоёмкость, объём отходов	SCADA, экологический мониторинг
ИИТГ — Инновационно-технологический индекс	Уровень интеграции ERP/MES/SCADA, доля автоматизир. процессов, точность ML-прогноза, время реакции на отклонение	ESG-платформа, ИТ-аудит

Шкала оценки уровня устойчивого развития по значению СИУР: критический (СИУР < 0,4), низкий (0,4–0,6), средний (0,6–0,8), высокий (0,8–0,9) и эталонный (≥ 0,9). Данная шкала позволяет сопоставлять предприятия внутри отрасли и формировать программы улучшений с конкретными целевыми значениями по каждому блоку.

Принципиальное научное отличие СИУР от традиционных ESG-методик (GRI, SASB, RAEX) состоит в следующем. Во-первых, все три классических блока (ИЭУ, ИСО, ИЭЭ) дополнены ИТ-зависимыми KPI в каждом из них — это означает, что оценка даётся не просто по факту результата, а с учётом качества информационного обеспечения управления. Во-вторых, блок ИИТГ впервые вводит цифровизацию как самостоятельное четвёртое измерение устойчивости. Таким образом, СИУР показывает не только «что происходит», но и «насколько эффективно ИТ управляют этим процессом».

Архитектура Единой цифровой ESG-платформы

Инструментальную основу механизма составляет Единая цифровая ESG-платформа, спроектированная как надстройка над действующей ИТ-инфраструктурой предприятия через стандартные API-интерфейсы. Это принципиально важное проектное решение: платформа не требует замены существующих ERP, MES или SCADA-систем, что существенно снижает стоимость и риски внедрения.

Архитектура включает пять функциональных модулей, каждый из которых соответствует определённому этапу управленческого цикла.

Ключевым архитектурным принципом является human-in-the-loop: платформа генерирует ML-рекомендации, однако их принятие и реализация остаются за менеджером. Это исключает автоматическое принятие решений с потенциально высокими последствиями и обеспечивает соответствие корпоративным процедурам управления. Данный принцип принципиально отличает разработанную платформу от систем автоматизированного управления, где решения принимаются без участия человека.

Таблица 2
Функциональные модули Единой цифровой ESG-платформы

Модуль	Функции	Этап цикла
1. Сбор и интеграция данных	API, ETL, IoT-хабы → Data Warehouse; очистка и нормализация	Диагностика
2. Аналитическое ядро	Автоматический расчёт СИУР, бенчмаркинг, BI-дашборды	Диагностика / Мониторинг
3. Предиктивная аналитика	ML-сценарии (ARIMA, LSTM, Isolation Forest), прогноз рисков устойчивости	Планирование / Мониторинг
4. Управление целями	Стратегическая карта, KPI-трекер, Scrum/Kanban-доски	Планирование / Реализация
5. Отчётность и диспетчеризация	GRI/SASB отчёты, алерты, ESG-портал, цифровой след	Мониторинг / Корректировка

Модуль предиктивной аналитики использует три класса алгоритмов: ARIMA и LSTM для временных рядов показателей устойчивости; Isolation Forest для выявления аномалий в данных датчиков; алгоритмы кластеризации для сегментации производственных объектов по уровню ESG-зрелости. Горизонт прогноза настраивается от недели до квартала в зависимости от потребностей конкретного этапа управленческого цикла.

Механизм управления устойчивым развитием

В основу предлагаемого механизма положена авторская концептуальная модель, включающая три уровня: ценностный (7 принципов), операционный (5 целевых факторов) и инструментальный (ИТ-система и СИУР). Разработанный механизм управления устойчивым развитием представлен на рисунке 1.

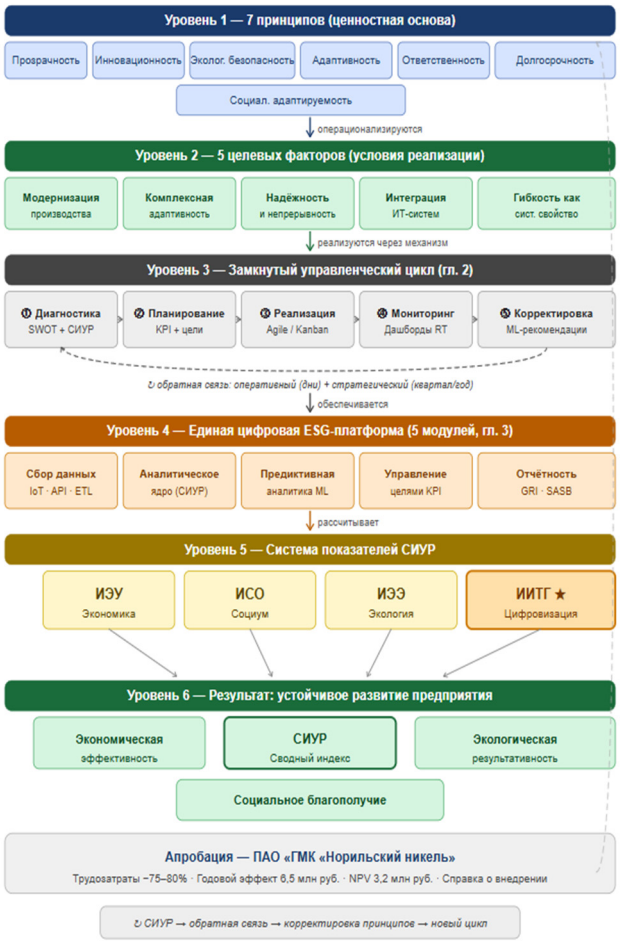


Рисунок 1 — Механизм управления устойчивым развитием промышленных предприятий

Механизм реализует замкнутый управленческий цикл: диагностика (SWOT, расчёт СИУР) → планирование (KPI, стратегическая карта) → реализация (Agile/Kanban) → мониторинг (дашборды RT) → корректи-

ровка (ML-рекомендации). Замкнутость обеспечивается двумя контурами обратной связи: оперативным (дни/недели) и стратегическим (квартал/год).

Семь принципов — прозрачность, инновационность, экологическая безопасность, адаптивность, ответственность, долгосрочность, социальная адаптируемость — сформированы на основе GRI и ISO 26000. Пять целевых факторов определяют организационно-технологические условия: модернизация производства, комплексная адаптивность, надёжность и непрерывность, интеграция ИТ-систем, гибкость как системное свойство.

Результаты апробации на ПАО «ГМК «Норильский никель»

Апробация разработанного механизма проведена на ПАО «ГМК «Норильский никель» — мировом лидере по производству никеля и палладия (209 тыс. т никеля и 2,8 млн тр. унций палладия в 2023 г., выручка 1,23 трлн руб., EBITDA 46%). Выбор площадки обусловлен тремя факторами: высокая экологическая нагрузка производства (серная программа, снижение SO_2 на 90%), развитая ИТ-инфраструктура (ИТ-бюджет свыше 30 млрд руб./год, ERP SAP/MES/SCADA) и актуальная потребность в ESG-управлении (рейтинг RAEX-Europe BB, CDP Climate B).

Пилотный проект реализован на объектах водоподготовки в 2024 году. До внедрения данные собирались вручную в течение 7–10 рабочих дней, что делало оперативное управление качеством реагентов невозможным. После внедрения обеспечен непрерывный мониторинг в режиме реального времени: охват данных вырос более чем в 100 раз, время реагирования на отклонения сократилось с нескольких часов до нескольких минут.

Экономический эффект от внедрения пилотного проекта включает две основные составляющие. Первая — оптимизация дозировки реагентов на основе ML-предиктивного управления: экономия составила 1,2–2,4 млн руб./год. Вторая — переход к предиктивному техническому обслуживанию вместо планово-предупредительного: снижение затрат на внеплановый ремонт оборудования на 2,25–3,0 млн руб./год. Совокупный годовой эффект — 6,5 млн руб., сокращение трудозатрат операторов — 75–80%, чистая приведённая стоимость (NPV) за 5 лет при ставке дисконтирования 12% составила 3,2 млн руб.

Заключение

Разработанный механизм управления устойчивым развитием промышленных предприятий обладает тремя ключевыми научными отличиями от существующих подходов. Первое — системообразующая роль информационных технологий: ИТ встроены в каждый этап замкнутого управленческого цикла не как вспомогательный инструмент, а как системообразующий элемент, определяющий скорость, точность и проактивный характер управления. Второе — включение блока ИИТГ как четвёртого равноправного измерения устойчивости: цифровизация впервые введена наравне с классическими ESG-параметрами, что позволяет количественно оценить технологическую зрелость компании в контексте устойчивого развития. Третье — переход от реактивного к проактивному управлению через ML-предиктивную аналитику с соблюдением принципа human-in-the-loop.

Апробация на ПАО «ГМК «Норильский никель» подтвердила практическую эффективность механизма: сокращение трудозатрат на 75–80%, рост значения СИУР с 0,630 до 0,718 (+13,9%), достижение уровня «высокий» по разработанной шкале, NPV 3,2 млн руб. за пять лет. Полученные результаты верифицированы справкой о внедрении.

Направления дальнейших исследований: (1) расширение апробации на предприятия других отраслей промышленности для уточнения весовых коэффициентов СИУР; (2) разработка полноценной программной реализации ESG-платформы как самостоятельного продукта; (3) интеграция технологии цифровых двойников для повышения точности предиктивных моделей; (4) формирование отраслевых бенчмарков по шкале СИУР.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики. Индексы производства по видам деятельности. — Москва : Росстат, 2025. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 15.04.2025).
2. Бабкин А. В., Буркальцева Д. Д., Кошелев Д. Г., Наумов Ю. Н. Формирование цифровой экономики в России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2017. — № 3. — С. 9–25.
3. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. — Geneva : World Economic Forum, 2016. — 172 С.
4. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. — Oxford : Oxford University Press, 1987. — 383 С.
5. Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. — Oxford : Capstone, 1997. — 402 С.
6. Ковалёв В. В., Волкова О. Н. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — Москва : Проспект, 2010. — 424 с.
7. Шваб К. Технологии четвёртой промышленной революции. — Москва : Эксмо, 2018. — 320 с.
8. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р «Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации"». — URL: http://static.government.ru (дата обращения: 15.04.2025).
9. Global Reporting Initiative. GRI Universal Standards 2021. — Amsterdam : GRI, 2021. — URL: https://www.globalreporting.org (accessed: 15.04.2025).
10. SASB. SASB Standards — Metals and Mining. — San Francisco : SASB, 2023. — URL: https://www.sasb.org (accessed: 15.04.2025).
11. Дорошенко Ю. А., Маслова И. А., Борисова А. А. Устойчивое развитие промышленных предприятий // Экономика и управление. — 2022. — № 5. — С. 44–53.
12. ISO 26000:2010. Guidance on social responsibility. — Geneva : ISO, 2010. — 106 с.
13. Birkel H. S., Hartmann E. Internet of Things — The Future of Managing Sustainability Performance? // Journal of Cleaner Production. — 2020. — Vol. 245. — P. 118844.
14. Тарасов И. В. Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции // Стратегические решения и риск-менеджмент. — 2018. — № 2. — С. 4–12.
15. Ansoff H. I. Corporate Strategy. — New York : McGraw-Hill, 1965. — 241 с.

Development of a management mechanism for sustainable development of industrial enterprises based on information technology integration

Soe Pyae Hein, Badalova A.G.
Moscow State University of Technology «STANKIN»

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article presents the results of developing a management mechanism for sustainable development of industrial enterprises in the digital economy. Based on systemic and process approaches, the author proposes a conceptual model comprising seven principles and five target sustainability factors implemented through a closed management cycle "diagnostics — planning — implementation — monitoring — adjustment". The architecture of a Unified Digital ESG Platform with five functional modules has been developed as the instrumental basis of the mechanism. To quantitatively assess the level of sustainable development, the authors propose a Composite Sustainability Index (CSI) comprising four indicator blocks: Economic Sustainability Index (ESI), Social Responsibility Index (SRI), Environmental Efficiency Index (EEI), and the Innovation and Technology Governance Index (ITGI) developed by the author. Approbation at PJSC MMC Norilsk Nickel confirmed a 75–80% reduction in labour costs, an annual economic effect of RUB 6.5 million, and NPV of RUB 3.2 million over five years.

Keywords: sustainable development, industrial enterprise, management mechanism, IT integration, ESG, CSI, ITGI, digital transformation, predictive analytics.

References

1. Federal State Statistics Service. Production indices by type of activity. Moscow: Rosstat, 2025. URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 15.04.2025).
2. Babkin A. V., Burkaltseva D. D., Koshelev D. G., Naumov Yu. N. Formation of the digital economy in Russia. Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University, 2017, No. 3, pp. 9–25.
3. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172 p.
4. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987. 383 p.
5. Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone, 1997. 402 p.
6. Kovalev V. V., Volkova O. N. Analysis of Economic Activity of an Enterprise. Moscow: Prospekt, 2010. 424 p.
7. Schwab K. The Technologies of the Fourth Industrial Revolution. Moscow: Eksmo, 2018. 320 p.
8. Order of the Government of the Russian Federation No. 1632-r of 28.07.2017 "On Approving the Programme Digital Economy of the Russian Federation". URL: http://static.government.ru (accessed: 15.04.2025).
9. Global Reporting Initiative. GRI Universal Standards 2021. Amsterdam: GRI, 2021. URL: https://www.globalreporting.org (accessed: 15.04.2025).
10. SASB. SASB Standards — Metals and Mining. San Francisco: SASB, 2023. URL: https://www.sasb.org (accessed: 15.04.2025).
11. Doroshenko Yu. A., Maslova I. A., Borisova A. A. Sustainable development of industrial enterprises. Economics and Management, 2022, No. 5, pp. 44–53.
12. ISO 26000:2010. Guidance on social responsibility. Geneva: ISO, 2010. 106 p.
13. Birkel H. S., Hartmann E. Internet of Things — The Future of Managing Sustainability Performance? Journal of Cleaner Production, 2020, Vol. 245, P. 118844.
14. Tarasov I. V. Industry 4.0: concepts, trends. Strategic Decisions and Risk Management, 2018, No. 2, pp. 4–12.
15. Ansoff H. I. Corporate Strategy. New York: McGraw-Hill, 1965. 241 p.

Человеческий капитал в межпоколенческом измерении: сравнительный анализ классических и современных теорий

Сологуб Виктория Владимировна
аспирант, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, vsologub@mail.ru

В статье рассматривается эволюция теорий человеческого капитала — от ранних представлений классической политической экономии до современных многокомпонентных и институционально расширенных интерпретаций. Показано, что классические подходы заложили основу для понимания экономической значимости знаний, навыков и профессиональных качеств человека, однако не предложили инструментов для анализа межпоколенческой неоднородности человеческого капитала. Особое внимание уделено неоклассической теории человеческого капитала, работам Т. Шульца, Г. Беккера и Я. Минцера, а также современным подходам, связанным с теориями эндогенного экономического роста П. Ромера и Р. Лукаса. Обосновано, что в условиях цифровизации, ускоренного обновления навыков и институциональной неоднородности рынка труда человеческий капитал следует рассматривать как исторически изменчивую и многокомпонентную систему ресурсов. Сделан вывод о том, что классические и современные теории человеческого капитала в отдельности не дают исчерпывающего объяснения межпоколенческих различий, что требует дальнейшей концептуализации данной проблематики.

Ключевые слова: человеческий капитал, теория человеческого капитала, межпоколенческая динамика, рынок труда, эндогенный экономический рост, цифровизация, образование, профессиональные компетенции.

Основная часть

Переход от поколенческого анализа к проблематике человеческого капитала обусловлен самой логикой исследования рынка труда. Если поколенческий подход позволяет объяснить различия в трудовых установках, карьерных ожиданиях и моделях адаптации через специфику исторического опыта и социализации, то теория человеческого капитала дает возможность раскрыть экономическое содержание этих различий. Через нее становится возможным рассматривать образование, профессиональную подготовку, здоровье, накопленные знания, навыки и способность к обучению не как совокупность разрозненных характеристик работника, а как ресурс, влияющий на производительность, доходы, занятость и конкурентоспособность на рынке труда. Именно поэтому анализ межпоколенческой динамики в сфере труда требует обращения не только к социологическим теориям поколений, но и к экономическим концепциям человеческого капитала, прошедшим длительный путь эволюции от ранних представлений о полезных свойствах труда к современным моделям, учитывающим институциональную среду, технологические изменения и неоднородность жизненных траекторий.

Истоки данной проблематики восходят к ранней политической экономии, в рамках которой еще не использовалось само понятие человеческого капитала, однако уже предпринимались попытки осмыслить экономическую ценность способностей человека. У. Петти одним из первых поставил вопрос о стоимостной оценке населения и его производительных качеств. В его рассуждениях человек выступал не только носителем труда, но и источником будущего дохода, обладающим определенной экономической ценностью. Важным в данном случае является не столько сама форма оценки, сколько принципиальное признание того, что способности и трудовые качества людей могут рассматриваться как часть национального богатства. Для последующего развития теории это имело фундаментальное значение, поскольку закладывало представление о возможности анализа человека в логике накопления и отдачи. Особое место в исторической ретроспективе занимает К. Маркс. В отличие от неоклассической традиции, он рассматривал рабочую силу как совокупность физических и духовных способностей человека, используемых в процессе производства. Важным для настоящего исследования является и то, что формирование рабочей силы в его концепции не сводилось к естественно заданному условию хозяйственной жизни, а понималось как результат общественного воспроизводства, требующий определенных затрат, времени и соответствующих социальных условий. Хотя К. Маркс не использовал категорию человеческого капитала в ее современном значении, его подход имеет методологическую ценность, поскольку позволяет рассматривать качественные характеристики труда как исторически формируемый ресурс, зависящий от образования, квалификации, дисциплины и общей организации общественного производства [1; 2; 3].

У А. Смита данная линия получила более содержательное развитие. Он связывал богатство общества не только с количеством труда, но и с его качеством, подчеркивая зависимость производительности от уровня мастерства, выучки и профессионального умения. Существенно и то, что приобретенные способности работников он включал в состав основного капитала общества, поскольку их формирование требует затрат времени, средств и усилий, а в дальнейшем приносит доход как самому работнику, так и экономике в целом. Тем самым в классической политической экономии возникает важный тезис: развитие способностей не является внешним по отношению к экономике процессом, напротив, оно представляет собой условие роста общественной производительности. Вместе с тем у Смита еще отсутствует разработанная теория человеческого капитала как особой экономической категории. Речь идет скорее о признании экономической значимости квалификации, чем о формализованной модели инвестиций в человека [4; 5; 2].

Д. Рикардо, сохраняя общую логику классической школы, в большей степени сосредоточивался на законах распределения и движении доходов, рассматривая рабочую силу прежде всего как фактор, участвующий в воспроизводстве стоимости. В его подходе человеческие способности не получили самостоятельной теоретической разработки, однако значение образования и распространения знаний для развития общества все же признавалось. Это показывает, что даже там, где категория человеческого капитала отсутствовала в явном виде, в экономической мысли постепенно накапливались предпосылки для ее появления: усиливалось

понимание того, что качество рабочей силы не сводится к биологическому присутствию человека на рынке труда [4; 5; 2].

В XIX — начале XX века представления о производительных свойствах человека стали более дифференцированными. Человеческие способности признаются экономически значимыми, однако чаще всего рассматриваются либо как элемент общей производительной силы общества, либо как качественная характеристика труда, а не как самостоятельный объект инвестирования, накопления, воспроизводства и обесценивания. Кроме того, в ранних теориях человек анализируется преимущественно как носитель труда в рамках относительно стабильной экономической структуры. Проблемы неравенства стартовых возможностей, различий образовательных траекторий, неодинаковой скорости обновления навыков, а тем более межпоколенческой неоднородности в этих подходах практически не раскрываются. В результате классическая традиция создала необходимую интеллектуальную базу, но не предложила инструментария для исследования того, каким образом разные поколения накапливают и используют человеческий капитал в изменяющейся институциональной среде.

Полноценное оформление теория человеческого капитала получила во второй половине XX века. Именно в этот период произошел переход от общих рассуждений о полезных свойствах труда к строгой аналитической модели, рассматривающей затраты на образование, профессиональную подготовку, здоровье, мобильность и поиск информации как инвестиции, способные приносить будущий доход. Наибольшее значение здесь имели работы Т. Шульца, Г. Беккера и Я. Минцера [6; 7; 8].

Т. Шульц показал, что экономический рост не может быть объяснен исключительно накоплением материального капитала и расширением занятости. Существенная часть прироста производительности связана с качественными изменениями в рабочей силе, прежде всего с образованием, улучшением здоровья, повышением квалификации и ростом способности к адаптации. Человеческий капитал в такой логике выступает как вложение в самого человека, способное обеспечивать как индивидуальную, так и общественную отдачу. Принципиально важным было смещение фокуса: обучение и профессиональная подготовка перестали рассматриваться как внешние по отношению к экономике сферы и стали пониматься как часть инвестиционного процесса. Это позволило связать проблемы труда, образования и развития с единой экономической моделью [6].

Г. Беккер расширил и формализовал данный подход. В его работах человеческий капитал трактуется как совокупность знаний, навыков, здоровья и иных качеств, повышающих производительность человека и его способность получать доход. Он предложил рассматривать расходы на образование, профессиональную подготовку, охрану здоровья и миграцию в рамках логики рационального выбора, когда индивид сопоставляет текущие издержки и ожидаемые будущие выгоды. Существенным вкладом Беккера стало различение общего и специфического человеческого капитала. Общий человеческий капитал может использоваться в разных организациях и повышает общую рыночную ценность работника, тогда как специфический связан с конкретным рабочим местом, фирмой или производственной системой. Для анализа рынка труда это различие крайне важно, поскольку позволяет объяснить неодинаковую мобильность работников, различия в инвестиционном поведении работодателей и сотрудников, а также особенности карьерных траекторий [7].

Я. Минцер (8) внес значимый вклад в эмпирическую разработку теории, предложив модель зависимости заработка от уровня образования и трудового опыта. Благодаря этому человеческий капитал стал измерим не только в качественных, но и в количественных категориях. Возникла возможность оценивать отдачу от лет обучения, профессионального стажа и накопленного опыта. Именно этот этап сделал теорию человеческого капитала одной из центральных в экономике труда, поскольку она позволила статистически интерпретировать различия в доходах, занятости и карьерном продвижении [8].

Вместе с тем неоклассическая версия теории человеческого капитала имела и собственные ограничения. Она исходила из предположения о рациональности инвестиционного поведения, относительной прозрачности будущих выгод и сравнительной однородности институциональной среды. В результате различия в образовательных и профессиональных траекториях нередко сводились к индивидуальным решениям и личным стимулам, тогда как влияние семьи, социального происхождения, территориального неравенства, состояния образовательных институтов и структурных изменений рынка труда оказывалось в тени. Для анализа межпоколенческой динамики это особенно существенно, поскольку представители разных поколений принимают решения не в одинаковых условиях. Доступность образования, престиж профессий, нормы занятости, требования работодателей и темпы технологического обновления различаются в зависимости от исторического момента, а значит, и сам механизм накопления человеческого капитала не может быть одинаковым для всех когорт.

Дальнейшее развитие теории шло по линии расширения самого понимания человеческого капитала. Если в ранней неоклассической традиции он в значительной степени ассоциировался с формальным образованием и профессиональной подготовкой, то более поздние исследования стали включать в его состав здоровье, когнитивные способности, поведенческие навыки, коммуникативные компетенции, цифровую грамотность, способность к адаптации и обучаемость. Одновременно усилилось внимание к тому, что отдача от человеческого капитала зависит не только от его объема, но и от качества институциональной среды, в которой он используется. Иными словами, важным становится не только то, сколько знаний и навыков накоплено, но и то, в какой мере экономика, рынок труда и система занятости способны превратить этот ресурс в производительность, инновации и устойчивый доход.

Значительное влияние на современное понимание человеческого капитала оказали теории эндогенного экономического роста. В модели П. Ромера источник долгосрочного роста связывается с производством нового знания, создаваемого в секторе исследований и разработок; знание при этом рассматривается как ресурс, не исчерпывающийся в процессе использования, а человеческий капитал — как ключевое условие инновационной деятельности и технологического прогресса. В модели Р. Лукаса акцент переносится на образование, накопление навыков и обучение в процессе деятельности: экономический рост поддерживается не только индивидуальным повышением квалификации, но и внешними эффектами совокупного уровня человеческого капитала в экономике. Сопоставление этих концепций показывает, что современный подход к накоплению человеческого капитала выходит за пределы индивидуальной отдачи от образования. У Ромера человеческий капитал выступает ресурсом инновационного сектора и источником технологических сдвигов, у Лукаса — фактором массового повышения производительности и долгосрочного роста через образование, профессиональный опыт и диффузию знаний. Для межпоколенческого анализа это особенно важно, поскольку разные поколения включаются в процессы образования, накопления опыта и освоения технологий в неодинаковых институциональных условиях; следовательно, различаются не только объемы человеческого капитала, но и сами механизмы его воспроизводства [9; 10; 11].

Параллельно усиливались критические подходы к теории человеческого капитала. Часть исследователей указывала, что рост заработка после получения образования не всегда отражает прирост реальной производительности. Образование может выполнять сигнальную функцию, подтверждая дисциплинированность, статус или способность индивида соответствовать требованиям отбора, но не обязательно свидетельствуя о равномерном увеличении его продуктивных качеств. Другие подходы подчеркивали, что рынок труда сегментирован, а потому одинаковый объем знаний и навыков способен приносить различную отдачу в зависимости от отрасли, региона, социального происхождения и институционального положения человека. Для межпоколенческого анализа эти замечания принципиальны, поскольку они разрушают представление о линейной связи между инвестициями в образование и последующим экономическим результатом. Разные поколения могут вкладываться в человеческий капитал сопоставимым образом, но получать различную отдачу из-за различий в состоянии рынка труда, уровнях конкуренции, технологических стандартах и механизмах признания квалификации [12; 13].

Современные интерпретации человеческого капитала все чаще исходят из его многокомпонентного характера. Формальное образование сохраняет фундаментальное значение, однако уже не исчерпывает содержание данной категории. На первый план выдвигаются цифровые компетенции, способность работать с информацией, коммуникативные навыки, умение функционировать в условиях неопределенности, готовность к постоянному обновлению профессионального профиля. Важным компонентом становится и здоровье, включая не только физическое состояние, но и психологическую устойчивость, что особенно заметно в условиях роста интенсивности труда, удаленных форм занятости и повышения когнитивной нагрузки. При таком понимании человеческий капитал предстает как динамическая система, в которой накопление сочетается с риском быстрого устаревания отдельных элементов. Это обстоятельство непосредственно связано с поколенческой проблематикой: скорость обесценивания навыков у разных когорт неодинакова, так как она зависит от времени их первоначального формирования, специфики профессионального опыта и способности к переобучению [14; 11; 13].

Если сопоставить классические и современные подходы, можно увидеть принципиальное изменение исследовательской оптики. Не-

смотря на развитие теории человеческого капитала и расширение ее аналитических возможностей, поколенческие различия в большинстве исследований рассматриваются фрагментарно. Основное внимание обычно уделяется инвестициям в образование, квалификацию и профессиональный опыт без учета того, что разные поколения формируются в неодинаковых социальных, технологических и институциональных условиях. Вследствие этого многие подходы недостаточно объясняют, почему механизмы накопления и использования человеческого капитала могут различаться у представителей разных поколений. Это позволяет выделить ряд ограничений существующих теоретических моделей применительно к межпоколенческому анализу.

Различия в профессиональном поведении, доходах или обучаемости могут объясняться не принадлежностью к поколению как таковой, а стадией жизненного цикла либо общими изменениями экономической конъюнктуры. Без специального разграничения этих факторов возрастает риск ошибочной интерпретации. Вторая проблема связана с тем, что большинство моделей по-прежнему ориентируется на среднестатистического индивида и недооценивает внутреннюю неоднородность поколений. Между представителями одной когорты могут существовать значительные различия по региону проживания, доступу к качественному образованию, социальному происхождению, профессиональной среде и цифровым возможностям. Следовательно, поколение нельзя трактовать как полностью однородного носителя единого человеческого капитала [15; 14; 11; 13].

Третье ограничение заключается в том, что стандартные теории человеческого капитала недостаточно чувствительны к роли исторического контекста социализации. Между тем именно условия взросления определяют отношение к образованию, допустимый горизонт планирования, готовность к профессиональной мобильности, доверие к институтам и восприятие труда как ценности. Для поколения, вошедшего в жизнь в условиях позднесоветской стабильности, логика инвестиций в человеческий капитал была одной; для когорты, социализировавшейся в период рыночных реформ, — другой; для тех, кто формировался уже в цифровой экономике, — третьей. Если не учитывать этот контекст, анализ человеческого капитала оказывается чрезмерно абстрактным и теряет объяснительную силу применительно к межпоколенческим различиям [15; 14; 13].

Четвертое ограничение связано с ускорением технологических изменений. Современная экономика делает особенно значимым не только накопление человеческого капитала, но и его обновление, а также способность противостоять обесцениванию. Навыки, обеспечивавшие высокую отдачу в одной технологической среде, могут довольно быстро потерять ценность в другой. Это означает, что межпоколенческие различия проявляются не только на этапе первоначального накопления капитала, но и в темпах его устаревания, а также в доступности механизмов переобучения. Старшие когорты чаще сталкиваются с необходимостью адаптации ранее освоенных профессиональных моделей к цифровым и платформенным форматам занятости, тогда как молодые поколения изначально включаются в иные каналы освоения знаний и практик. Классические инвестиционные модели обычно описывают накопление человеческого капитала более убедительно, чем его обесценивание, и в этом состоит их существенное ограничение [14; 11; 9; 10].

Пятое ограничение относится к содержанию самого понятия человеческого капитала. Экономические модели часто сосредоточены на измеримых компонентах — уровне образования, стаже, доходе, производительности. Между тем в межпоколенческом измерении все большую роль играют компоненты, которые хуже поддаются непосредственной количественной оценке: адаптивность, коммуникативная гибкость, готовность к непрерывному обучению, цифровая автономность, способность работать в гибридных организационных форматах, переносимость профессиональных навыков между секторами. Именно эти характеристики во многом определяют различия между поколениями на современном рынке труда, но слабо укладываются в рамки традиционной теории [14;13].

Наконец, существенным ограничением является слабая встроенность многих универсальных моделей в национально-исторический контекст. Теория человеческого капитала в значительной степени формировалась на материале западных экономик с относительно стабильными институтами и последовательной модернизацией рынка труда. Российская траектория существенно отличалась: резкие институциональные разрывы, смена экономической системы, неравномерная цифровизация, территориальная неоднородность и различия в доступе к образовательным ресурсам создали особую среду формирования человеческого капитала. Поэтому прямое перенесение универсальных моделей на российскую межпоколенческую динамику без дополнительной адаптации оказывается недостаточным [14; 11; 13].

Сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что классические теории создали исходную основу для понимания экономической значимости знаний, навыков и профессиональных качеств человека, а современные концепции придали этой проблематике формализованный, инвестиционный и институционально расширенный характер. Вместе с тем ни классические, ни современные версии теории человеческого капитала в отдельности не дают исчерпывающего объяснения межпоколенческих различий. Классические подходы недостаточно чувствительны к исторической изменчивости и внутренней неоднородности человеческих способностей, тогда как современные модели, несмотря на большую аналитическую глубину, нередко сохраняют избыточную абстрактность, опираются на усредненного индивида и ограниченно учитывают влияние условий социализации, технологических разрывов и неодинаковых режимов обесценивания навыков [16; 14; 11; 13)].

Вследствие этого человеческий капитал в межпоколенческом измерении целесообразно трактовать не как статичный запас знаний и умений, а как многокомпонентную систему ресурсов, формирование, использование и обновление которой зависят от исторического времени вхождения поколения в образование и труд, от институциональной среды, от структуры спроса на рынке труда и от темпов технологических преобразований. Такой подход позволяет соединить экономическую логику инвестиций в человеческий капитал с поколенческой логикой различий в жизненном опыте и условиях социализации. Именно на этой основе становится возможной дальнейшая концептуализация понятия поколенческих различий в структуре человеческого капитала [16;14; 11; 13; 9; 10].

Литература

1. Нашырванов Ф. Н., Нашырванова Я. Ф. Теория человеческого капитала: основные аспекты зарождения // Социально-экономические проблемы и перспективы развития трудовых отношений в инновационной экономике: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. Е. А. Кипервар. Омск, 2022. С. 129–133.
2. Лин С. Д. Истоки зарождения теории человеческого капитала // Экономика. Бизнес. Финансы. 2019. № 2. С. 30–35.
3. Цаллагова Л. М., Икаева В. С. Теория человеческого капитала в исторической ретроспективе // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова. 2010. № 4. С. 174–177.
4. Невретдинова М. В. Анализ развития теории человеческого капитала в трудах западных и отечественных ученых XIX–XX веков // Вестник ГУУ. 2014. № 17.
5. Зайцева А. Н., Рахимова Л. Р. Формирование и развитие теории человеческого капитала в западной экономической мысли // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 4. С. 150–155.
6. Schultz T. W. Investment in Human Capital // The American Economic Review. 1961. Vol. 51. No. 1. P. 1–17.
7. Becker G. S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. New York: National Bureau of Economic Research, 1964. 187 p.
8. Mincer J. Schooling, Experience, and Earnings. New York: National Bureau of Economic Research, 1974. 152 p.
9. Romer P. M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98. No. 5, Part 2. P. S71–S102.
10. Lucas R. E. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22. No. 1. P. 3–42.
11. Булина А. О., Мозговая К. А., Пахнин М. А. Человеческий капитал в теории экономического роста: классические модели и новые подходы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. Т. 36. № 2.
12. Иванова О. И. 60 лет теории человеческого капитала: применение классической теории для анализа современного рынка труда // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2020.
13. Авдеева Д. А. Показатели человеческого капитала в исследованиях экономического роста // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2022.
14. Куделина О. В., Адова И. Б. Развитие теории человеческого капитала в XXI в.: мегатренды и российский контекст // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2020. № 51.
15. Радаев В. В. Миллениалы на фоне предшествующих поколений: эмпирический анализ // Социологические исследования. 2018. № 3. С. 15–33.
16. Дятлов С. А. Теория человеческого капитала: учебное пособие. Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 1996.

Capital in the Intergenerational Dimension: a Comparative Analysis of Classical and Modern Theories

Sologub V.V.
Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the evolution of human capital theories, from early ideas of classical political economy to modern multi-component and institutionally expanded interpretations. It is shown that classical approaches laid the foundation for understanding the economic significance of knowledge, skills and professional qualities of an individual, but did not provide instruments for analyzing intergenerational heterogeneity of human capital. Particular attention is paid to the neoclassical theory of human capital, the works of T. Schultz, G. Becker and J. Mincer, as well as to modern approaches related to the endogenous growth theories of P. Romer and R. Lucas. The article substantiates that under conditions of digitalization, accelerated skill renewal and institutional heterogeneity of the labor market, human capital should be viewed as a historically changing and multi-component system of resources. It is concluded that classical and modern theories of human capital, taken separately, do not provide an exhaustive explanation of intergenerational differences, which requires further conceptualization of this issue.

Keywords: human capital, human capital theory, intergenerational dynamics, labor market, endogenous economic growth, digitalization, education, professional competencies.

References

1. Nashirvanov F. N., Nashirvanov Ya. F. Human Capital Theory: Main Aspects of Its Origin // Socio-Economic Problems and Prospects for the Development of Labor Relations in an Innovative Economy: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation / edited by E. A. Kipervar. Omsk, 2022. pp. 129–133.
2. Lin S. D. The Origins of Human Capital Theory // Economics. Business. Finance. 2019. No. 2. pp. 30–35.
3. Tsallagova L. M., Ikaeva V. S. Human Capital Theory in Historical Retrospect // Bulletin of the K. L. Khetagurov North Ossetian State University. 2010. No. 4. Pp. 174–177.
4. Nevretdinova M. V. Analysis of the Development of Human Capital Theory in the Works of Western and Russian Scientists of the 19th–20th Centuries // Bulletin of the State University of Management. 2014. No. 17.
5. Zaitseva A. N., Rakhimova L. R. Formation and Development of Human Capital Theory in Western Economic Thought // Bulletin of Tyumen State University. 2010. No. 4. Pp. 150–155.
6. Schultz T. W. Investment in Human Capital // The American Economic Review. 1961. Vol. 51. No. 1. Pp. 1–17.
7. Becker G. S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. New York: National Bureau of Economic Research, 1964. 187 p.
8. Mincer, J., Schooling, Experience, and Earnings. New York: National Bureau of Economic Research, 1974. 152 p.
9. Romer, P. M., "Endogenous Technological Change," Journal of Political Economy, 1990, Vol. 98, No. 5, Part 2, pp. 71–102.
10. Lucas, R. E., "On the Mechanics of Economic Development," Journal of Monetary Economics, 1988, Vol. 22, No. 1, pp. 3–42.
11. Bulina, A. O., Mozgovaya, K. A., and Pakhnin, M. A., "Human Capital in the Theory of Economic Growth: Classical Models and New Approaches," Bulletin of the St. Petersburg University. Economics. 2020. Vol. 36. No. 2.
12. Ivanova O. I. 60 Years of Human Capital Theory: Applying Classical Theory to Analyzing the Modern Labor Market // Research of the Faculty of Economics. Electronic Journal. 2020.
13. Avdeeva D. A. Human Capital Indicators in Economic Growth Studies // Economic Journal of the Higher School of Economics. 2022.
14. Kudelina O. V., Adova I. B. Development of Human Capital Theory in the 21st Century: Megatrends and the Russian Context // Bulletin of Tomsk State University. Economics. 2020. No. 51.
15. Radaev V. V. Millennials against the Background of Previous Generations: An Empirical Analysis // Sociological Research. 2018. No. 3. pp. 15–33.
16. Dyatlov S. A. Theory of human capital: a textbook. St. Petersburg: Publishing House of the St. Petersburg University of Economics and Finance, 1996.

Гибридный нейросетевой метод мониторинга качества процессов повышения устойчивости производственной инфраструктуры в условиях негативных техногенных воздействий

Туманов Александр Юрьевич
к.т.н., доцент, доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
toumanov@mail.ru

Предметом исследования является обеспечение достоверности измерительной информации распределенных информационных комплексов критической производственной инфраструктуры. Цель работы — снижение вероятности пропуска отказов и ложных тревог в условиях интенсивного техногенного давления за счет разработки гибридного метода, объединяющего вычислительную мощность рекуррентных нейронных сетей LSTM и метрологическую интерпретируемость полилинейных функций полезности Кини-Райфы. Разработан пятиэтапный метод сквозного мониторинга, включающий дуальное структурирование факторов (техногенных деструкторов и инновационных драйверов передового производства), квалиметрическое нормирование, нейросетевую предикацию и логический вывод экспертной системы уровня Индустрия 5.0.

Ключевые слова: управление качеством, производственная инфраструктура, рекуррентная нейронная сеть LSTM, функции полезности Кини-Райфы, Индустрия 5.0, ошибки I и II рода, превентивный мониторинг.

1. Введение

Актуальность темы. На современном этапе глубокой цифровой трансформации и перехода к концепциям Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 непрерывное обеспечение качества, живучести и непрерывности бизнеса (ГОСТ Р ИСО 22301) критических объектов промышленной инфраструктуры напрямую зависит от метрологической стабильности функционирования распределенных измерительно-информационных комплексов [1, 2]. Системы превентивного мониторинга эксплуатируются в условиях постоянного, синергетического и агрессивного воздействия факторов внешней и внутрипроизводственной технологической среды. Эти деструктивные факторы условно разделяются на две временные категории:

Мгновенные (высокочастотные): индустриальные электромагнитные наводки, импульсные перенапряжения в силовых цепях питания, джиттер и пакетные потери в промышленных беспроводных и проводных каналах связи.

Продолжительные (кумулятивные): медленный температурный дрейф нуля и крутизны статической характеристики датчиков, деградация диэлектрических свойств изоляции кабельных линий, механический вибрационный износ элементов подвеса и старение полупроводниковых и фоточувствительных структур [4].

Одновременное и латентное протекание данных процессов вызывает скрытое нелинейное снижение качества самого процесса измерения, накопление систематических погрешностей и стохастическое искажение собираемой телеметрии [10]. В терминах квалиметрии и теории управления рисками (ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010) это приводит к существенному росту вероятностей совершения измерительным комплексом ошибок двух родов:

Ошибки I рода (ложные тревоги): фиксация выхода параметра за технологический допуск, вызванная наведенным шумом или сбоем связи. Это влечет за собой необоснованную активацию аварийных протоколов, экстренный останов сложного технологического оборудования и колоссальные экономические потери от простоев.

Ошибки II рода (пропуски критических дефектов): деградация чувствительности датчика ("залипание" сигнала) маскирует реальный износ или разрушение объекта инфраструктуры. Это приводит к несвоевременному обнаружению дефекта и лавинообразному перерастанию локального инцидента в катастрофический техногенный отказ с разрушением основных фондов [6].

Традиционно применяемые в отечественной и зарубежной практике инструменты контроля сложных многомерных процессов разделены на два обособленных класса:

Детерминированные экспертные методы: многокритериальные полилинейные функции полезности и кусочно-линейное нормирование. Они обеспечивают высокую метрологическую интерпретируемость, но не способны извлекать латентные временные тренды и кумулятивные эффекты деградации [2].

Интеллектуальные статистические инструменты: классические искусственные нейронные сети (ИНС) прямого распространения. Обладая высокой способностью к аппроксимации нелинейных функций, они функционируют по принципу "черного ящика", что исключает их прямую интеграцию в юридически значимый метрологический контур принятия решений из-за отсутствия прозрачной физической интерпретации внутренних весов [7].

Целью настоящего исследования является повышение достоверности данных и снижение вероятности пропуска отказов производственной инфраструктуры за счет разработки гибридного нейросетевого метода, интегрирующего вычислительные возможности рекуррентных сетей LSTM (Long Short-Term Memory) и интерпретируемый математический аппарат полилинейных функций полезности Кини-Райфы в единый замкнутый контур оперативного обеспечения качества процесса мониторинга.

2. Методы

Архитектурная логика разработанного гибридного метода представляет собой пятиэтапный алгоритм сквозного квалиметрического анализа и предикативного управления процессами.

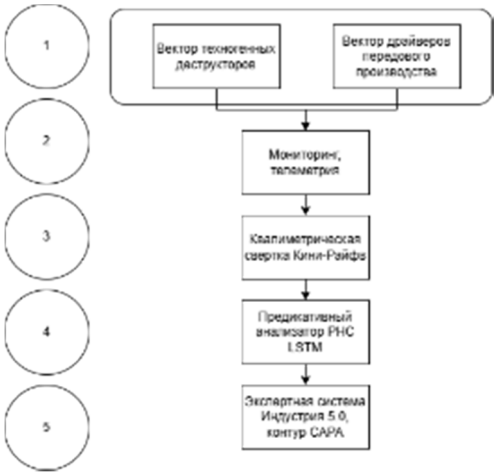


Рис. 1 Пятиэтапный алгоритм сквозного квалиметрического анализа и предикативного управления процессами

2.1. Этап 1. Системный анализ и параметризация дуального пространства факторов

На основе декомпозиции измерительно-информационного комплекса как объекта контроля сформировано расширенное многомерное пространство квалиметрических признаков, разделенное а два противоположно направленных вектора:

Вектор техногенных деструктивных факторов ($\vec{D}_t$), снижающих качество процесса:

$$\vec{D}_t = [d_{emc}(t), d_{vib}(t), d_{temp}(t), d_{volt}(t), d_{chem}(t), d_{load}(t), d_{wear}(t), d_{jitter}(t)]^T$$

где: d_{emc} — электромагнитные наводки; d_{vib} — вибрационный фон; d_{temp} — температурный градиент; d_{volt} — импульсные перенапряжения; d_{chem} — химическая агрессивность среды; d_{load} — информационная перегрузка каналов; d_{wear} — кумулятивный эксплуатационный износ; d_{jitter} — джиттер сетевой синхронизации.

Вектор инновационных факторов передового производства ($\vec{P}_t$), проактивно улучшающих качество процесса:

$$\vec{P}_t = [p_{comp}(t), p_{edge}(t), p_{meta}(t), p_{freq}(t), p_{adapt}(t), p_{redund}(t), p_{ai}(t), p_{isol}(t)]^T$$

где: p_{comp} — индекс программной термокомпенсации; p_{edge} — глубина фильтрации на уровне Edge Computing; p_{meta} — полнота метаданных самодиагностики смарт-датчиков; p_{freq} — адаптивное квантование частоты опроса; p_{adapt} — помехоустойчивое кодирование; p_{redund} — виртуальное (информационное) резервирование; p_{ai} — ИИ-ассистивный менеджмент; p_{isol} — смарт-диагностика изоляции.

Параллельно фиксируется вектор измерительного выхода (первичной телеметрии) $\vec{Y}_t = [y_1(t), y_2(t), \ldots, y_m(t)]^T$.

Предложенный состав компонентов векторов техногенных деструктивных факторов (\(D_{t}\)) и инновационных факторов (\(P_{t}\)) носит репрезентативный (демонстрационный) характер. Архитектура модели является открытой, что позволяет гибко масштабировать, изменять или конкретизировать состав элементов векторов под специфику конкретного технологического процесса или производственной системы.

2.2 Квалиметрическое нормирование и нелинейная мультипликативная свертка полезности

Для приведения разнородных физических и технологических шкал к единому безразмерному интервалу [0, 1]применяется кусочно-линейное нормирование частных критериев качества:

Для техногенных факторов (\vec{D}_t): $q_i^D(t) = \max\left(0, 1 - \frac{d_i(t)}{d_{max,i}}\right)$

Для факторов передового производства (\vec{P}_t): $q_j^P(t) = \min\left(1, \frac{p_j(t)}{p_{target,j}}\right)$

Синтез комплексного индекса качества измерительного процесса U_t осуществляется на основе многокритериальной функции полезности Кини-Райфы, способной математически корректно моделировать эффекты нелинейного замещения и синергетического ухудшения свойств [2]:

$$U_t = \Phi\left(\vec{q}^D(t), \vec{q}^P(t)\right) = \frac{1}{K}\left[\prod_{i=1}^{8}\left(K \cdot w_i^D \cdot q_i^D(t) + 1\right) \cdot \prod_{j=1}^{8}\left(K \cdot w_j^P \cdot q_j^P(t) + 1\right) - 1\right]$$

где $w_i^D, w_j^P \in (0,1)$ — весовые коэффициенты относительной важности параметров; K — нормирующая константа взаимозависимости, вычисляемая как единственный вещественный корень уравнения $1 + K = \prod_{k=1}^{16}(1 + K \cdot w_k)$.

2.3 Архитектурное проектирование рекуррентной нейросети (LSTM)

Для предикативного анализа динамики качества в гибридный контур интегрируется рекуррентная нейронная сеть со структурой долгосрочной краткосрочной памяти (LSTM), что исключает проблему затухания градиентов при обработке длинных временных рядов [3]. На вход сети в каждый дискретный момент времени t подается объединенный входной тензор признаков через скользящее временное окно предыстории глубиной t = 10:

$\mathbf{W}_t = \{\vec{I}_{t-\tau}, \ldots, \vec{I}_{t-1}, \vec{I}_t\}$, где $\vec{I}_t = [\vec{D}_t^T, \vec{P}_t^T, \vec{Y}_t^T, U_t]^T$

2.4. Параметрическая адаптация и оптимизация весов

Настройка весовых матриц $\mathbf{W}$ выполняется методом обратного распространения ошибки во времени (BPTT) с использованием адаптивного градиентного оптимизатора Adam. Целевая функция потерь ($\mathcal{L}$) формализуется как среднеквадратичная ошибка (MSE) с добавлением штрафного слагаемого Тихонова (L_2 -регуляризация) для предотвращения эффекта переобучения сети на высокочастотных флуктуациях техногенного шума [7]:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\left(U_{fact}(t_k + \Delta T) - \hat{U}_{pred}(t_k + \Delta T)\right)^2 + \lambda \left\| \mathbf{W} \right\|_2^2 \to \min$$

Этап 2.5. Продукционный логический вывод в парадигме перехода от Industry 4.0 к Industry 5.0 (Контур CAPA)

Полученный вектор прогноза $\hat{U}_{t+\Delta T}$ подается на вход экспертной системы поддержки принятия решений (СППР), функционирующей на основе базы правил продукционного типа (IF-THEN) с расчетом коэффициентов уверенности ($CF \in [0,1]$). Контур управления качеством разделен тремя квалиметрическими барьерами: $U_{nom} = 0,90$, $U_{alarm} = 0,85$ (предупреждающая граница — риск ошибок I рода) и $U_{crit} = 0,80$ (критическая граница — риск ошибок II рода). База правил обеспечивает автоматическую генерацию превентивных корректирующих и предупреждающих действий (Corrective and Preventive Actions, CAPA), динамически перестраивая измерительный процесс (например, активируя Edge-фильтрацию или виртуальное ковариационное резервирование) до момента наступления физического отказа оборудования.

3. Результаты

Для верификации разработанного гибридного нейросетевого метода был проведен вычислительный эксперимент. Сгенерирована база данных, имитирующая непрерывное функционирование измерительно-информационного комплекса в составе **8 распределенных умных датчиков** (общий объем выборки — **1072 дискретных тактов измерений**). В модель симуляции закладывался экспоненциальный рост вектора техногенных деструкторов $\vec{D}_t$ на фоне S-образного логистического развертывания инновационных технологий передового производства $\vec{P}_t$.

3.1 Квалиметрический анализ результатов динамического моделирования качества

На основе метода Эйлера [8] осуществлен расчет траекторий комплексного индекса качества для трех базовых эксплуатационных сценариев. Выбор явного одношагового метода Эйлера обусловлен его минимальной вычислительной сложностью, так как требует выполнения фиксированного числа элементарных арифметических операций на одном шаге интегрирования. Результаты симуляции в реперных контрольных точках временного диапазона сведены в табл. 1.

Графическая интерпретация поведения комплексного индекса качества $U(t)$ для трех исследуемых сценариев представлена на рис. 1.

Таблица 1
Сравнительный анализ динамики комплексного качества измерительных процессов

Время (t)	Интегральный деструктор (D_t)	Инерционный сценарий ($U_{Inertial}$)	Умеренно-адаптивный сценарий ($U_{Adaptive}$)	Проактивный сценарий ($U_{Proactive}$)	Частный индекс датчика №1 (q_1^D)	Частный индекс датчика №8 (q_8^D)
0,00	0,1248	**0,9500**	**0,9500**	**0,9500**	0,9310	0,9241
5,01	0,0577	0,8777	0,8823	0,8937	0,8573	0,9027
10,01	0,1828	0,7911	0,8146	0,8790	0,8851	0,9016
15,02	0,1704	0,6967	0,7708	**0,9233**	0,9136	0,9284
20,02	0,1924	0,6000	0,7679	**0,9472**	0,9580	0,9437
25,03	0,3958	0,5140	0,8003	**0,9483**	0,9271	0,9605
30,03	0,4867	0,4336	0,8240	**0,9382**	0,9334	0,8965
35,04	0,5503	0,3651	0,8240	**0,9234**	0,9005	0,9373
40,04	0,7873	0,3052	0,8046	**0,9030**	0,9151	0,9030
50,00	1,2469	**0,2079**	**0,7341**	**0,8513**	0,8293	0,8267

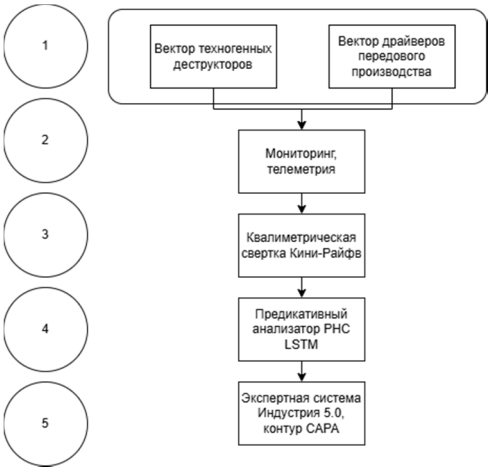


Рис. 1. Квалиметрические тренды устойчивости измерительного процесса (к разделу 3.1)

3.2 Статистические показатели предикативной точности ИНС

Разделение сгенерированной выборки на обучающее и тестовое подмножества производилось в хронологическом соотношении 80% на 20% (последние 200 тактов измерений выступали в качестве тестового интервала верификации). После выполнения 40 эпох обучения рекуррентной сети LSTM методом BPTT были достигнуты следующие прецизионные значения академических метрик погрешности прогнозирования: Среднеквадратичная ошибка (MSE): $3{,}42\times10^{-5}$, Корень из среднеквадратичной ошибки (RMSE): 0,00584, Средняя абсолютная ошибка (MAE):0,00491, Средняя относительная ошибка прогноза (MAPE):0,582%

4. Обсуждение

Анализ результатов вычислительного эксперимента и имитационного моделирования подтверждает теоретическую адекватность и практическую эффективность разработанного гибридного метода для систем прецизионного менеджмента качества.

Обнаруженный на рис. 1 характер траекторий наглядно иллюстрирует динамику компенсационного перелома в структуре процессов повышения устойчивости производственной инфраструктуры. На первичном этапе функционирования ($t \in [0,15]$) во всех сценариях фиксируется монотонный спад качества, обусловленный тем, что экспоненциальный прирост техногенных нагрузок (наводки, термический градиент) опережает скорость развертывания превентивных инновационных факторов. Однако в точке $t \approx 15$ в проактивном сценарии за счет включения механизмов Edge Computing и интеллектуальной калибровки происходит стабилизация тренда и его последующий выход на устойчивое плато ($U \approx 0{,}94$). Инерционный сценарий, лишенный инструментов передового производства, пересекает критический квалиметрический барьер ($U_{crit} = 0{,}80$) уже на 10-м такте, уходя в зону хаотического состояния с лавинообразным ростом пропусков отказов (ошибки II рода).

Минимальное значение среднеквадратичной ошибки ($MSE = 3{,}42\times10^{-5}$) и средняя относительная погрешность предикации менее **0,6%** (табл. 2) доказывают, что рекуррентная сеть LSTM успешно справляется с извлечением нелинейных латентных закономерностей долгосрочной деградации измерительной среды, не сваливаясь в эффект переобучения (overfitting). Полное удержание истинной траектории в рамках коридора неопределенности $\pm 3\sigma_{RMSE}$ (рис. 2) с доверительной вероятностью $P = 0{,}9973$ подтверждает метрологическую строгость и юридическую применимость метода в контурах автоматизированного контроля опасных производственных объектов.

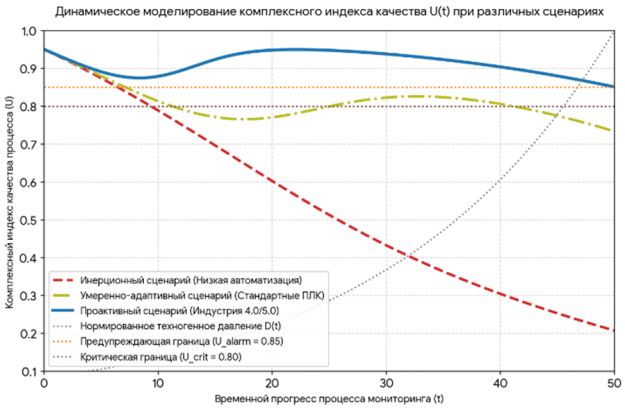


Рис. 2. Верификационный график прогноза сети LSTM на тестовом интервале (к разделу 3.2)

Заключение

В ходе проведенного исследования получены следующие новые научные и практические результаты:

1. Разработан и теоретически обоснован гибридный нейросетевой метод мониторинга качества процессов, отличающийся сопряжением вычислительной мощности глубоких рекуррентных сетей LSTM и метрологической интерпретируемости полилинейных функций полезности Кини-Райфы, что обеспечивает прозрачность процедур менеджмента качества.

2. Сформировано дуальное квалиметрическое пространство из 16 параметров, систематизировавшее 8 техногенных деструкторов среды и 8 проактивных факторов передового производства (Advanced Manufacturing), позволяющее вычислять точный баланс устойчивости измерительных систем в реальном времени.

3. Разработана модель квалиметрической зрелости из 5 уровней и база продукционных правил экспертной системы СППР класса Industry 5.0, обеспечивающая автоматическую генерацию упреждающих корректирующих действий контура CAPA для минимизации вероятностей ошибок измерительной системы I и II рода.

4. Методом имитационного моделирования доказана высокая предикативная способность метода ($MAPE = 0{,}582\%$) и подтверждена его технико-экономическая эффективность $ROI = 58{,}2\%$, окупаемость — 8,5 месяцев, что позволяет рекомендовать метод к внедрению на предприятиях с непрерывным технологическим циклом.

Литература

1. Коршунов, Г. И. Обеспечение качества и ресурсов процессов с применением нейронных сетей на основе оценки ущерба от воздействия внешних факторов / Г. И. Коршунов, А. Ю. Туманов, Э. С. Ярмонова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2024. – № 1. – С. 46–53. – DOI: 10.46418/2619-0729_2024_1_8. – EDN: OZVCWD.

2. Обеспечение качества мониторинга важных объектов для управления устойчивостью промышленного предприятия к поражающим воздействиям с применением рекуррентной нейронной сети / Г. И. Коршунов, А. Ю. Туманов, Е. А. Фролова [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2024. – № 2. – С. 101-110. – DOI 10.46418/2619-0729_2024_2_19. – EDN GABLRG.

3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. / С. Хайкин. – 2-е изд. – Москва : ООО "И.Д. Вильямс", 2019. – 1104 с.

4. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения : пер. с англ. / Р. Л. Кини, Х. Райфа. – Москва : Радио и связь, 1981. – 560 с.

5. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge : MIT Press, 2016. – 800 p.Подиновский, В. В. Идея замещения в анализе многокритериальных задач принятия решений / В. В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 138–162. – DOI: 10.31857/S000523102108008X.

6. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польского И. Д. Рудинского. – Москва : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

7. Adeli, H. Hybrid Neuro-Computing Models for Advanced Engineering Applications / H. Adeli // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2020. – Vol. 35, No. 1. – P. 3–14. – DOI: 10.1111/mice.12501.

8. Griffiths, D. F., & Higham, D. J. (2010). Euler's Method. In Numerical Methods for Ordinary Differential Equations (pp. 11–25). Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-148-6_2

Hybrid neural network method for monitoring and forecasting the quality of processes to increase the sustainability of production infrastructure in the face of negative anthropogenic impacts

Tumanov A.Yu.
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The subject of the research is to ensure the reliability of measurement information of distributed information systems of critical production infrastructure. The aim of the work is to reduce the probability of failures and false alarms in conditions of intense anthropogenic pressure by developing a hybrid method that combines the computing power of recurrent neural networks (LSTM) and the metrological interpretability of multilinear Kinifa utility functions. A five-stage end-to-end monitoring procedure has been developed, including dual structuring of factors (technogenic destructors and innovative drivers of advanced production), qualimetric normalization, neural network predication and logical inference of an Industry 4.0 expert system.

Keywords: quality management, industrial infrastructure, recurrent neural network LSTM, Keeney-Raiffa utility functions, Industry 5.0, Type I and Type II errors, predictive monitoring.

References

1. Korshunov, G. I., Tumanov, A. Yu., & Yarmonova, E. S. (2024). Obespechenie kachestva i resursov processov s primeneniem nejronnyh setej na osnove ocenki ushcherba ot vozdejstviya vneshnih faktorov [Quality and process resource management using neural networks based on the damage assessment from external factors impact]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta Tekhnologii i Dizajna. Seriya 4: Promyshlennye Tekhnologii [Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies]*, (1), 46–53. doi.org (In Russian) [OZVCWD].
2. Korshunov, G. I., Tumanov, A. Yu., Frolova, E. A., et al. (2024). Obespechenie kachestva monitoringa vazhnyh ob"ektov dlya upravleniya ustojchivost'yu promyshlennogo predpriyatiya k porazhayushchim vozdejstviyam s primeneniem rekurrentnoj nejronnoj seti [Quality assurance of critical facilities monitoring for industrial enterprise stability control against destructive impacts using a recurrent neural network]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta Tekhnologii i Dizajna. Seriya 4: Promyshlennye Tekhnologii [Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies], (2), 101–110. https://doi.org (In Russian)
3. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
4. Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge: Cambridge University Press. doi.org
5. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
6. Podinovski, V. V. (2021). Ideya zameshcheniya v analize mnogokriterial'nyh zadach prinyatiya reshenij [The idea of substitution in the analysis of multicriteria decision-making problems]. *Avtomatika i Telemekhanika [Automation and Remote Control]*, (8), 138–162. doi.org (In Russian)
7. Osowski, S. (2002). *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji [Neural networks for information processing]*. Warsaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. (In Polish)
8. Adeli, H. (2020). Hybrid Neuro-Computing Models for Advanced Engineering Applications. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 35(1), 3–14. doi.org
9. Griffiths, D. F., & Higham, D. J. (2010). Euler's Method. In Numerical Methods for Ordinary Differential Equations (pp. 11–25). Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-148-6_2

Обеспечение качества процесса мониторинга производственной инфраструктуры в условиях негативных внешних воздействий с применением гибридных нейросетевых моделей

Туманов Александр Юрьевич
к.т.н., доцент, доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, toumanov@mail.ru

В статье рассматривается актуальная задача превентивного управления качеством и надежностью производственных технических систем (ПТС) в условиях агрессивного воздействия внешней среды. Обоснована неэффективность применения изолированных классических полилинейных моделей и базовых рекуррентных искусственных нейронных сетей (ИНС) при одновременном наличии мгновенных (ударных) и продолжительных (кумулятивных) факторов деградации. Авторами предложена гибридная архитектура («серый ящик»), совмещающая вычислительное ядро на базе рекуррентных нейросетей Long Short-Term Memory (LSTM) для аппроксимации нелинейных временных рядов износа и полилинейную функцию полезности на выходном слое для интерпретируемого нормирования остаточного ресурса. В ходе численного моделирования на реальных данных промышленной телеметрии доказано, что интеграционный подход позволяет повысить точность прогнозирования времени до отказа на 12–15% по сравнению со стандартными ИНС, одновременно снижая риски «галлюцинаций» модели в условиях дефицита обучающей выборки.

Ключевые слова: качество процесса мониторинга, метрологическая устойчивость, достоверность данных, рекуррентные нейронные сети (RNN), долгая краткосрочная память (LSTM), полилинейная функция полезности, квалиметрический контроль, мгновенные и продолжительные внешние факторы воздействия.

Введение

Обоснование актуальности темы. На современном этапе развития промышленной автоматизации непрерывное обеспечение качества и живучести объектов критической производственной инфраструктуры напрямую зависит от стабильности функционирования распределенных измерительно-информационных комплексов [2,3]. Системы превентивного мониторинга эксплуатируются в условиях постоянного агрессивного воздействия факторов внешней среды (интенсивные электромагнитные наводки, вибрационный фон, суточные температурные колебания, импульсные перенапряжения). Данные деструктивные факторы условно разделяются на две категории: мгновенные (высокочастотные помехи, пакетные потери в каналах связи, фазовые скачки) и продолжительные (медленный температурный дрейф нуля датчиков, деградация изоляции, старение фоточувствительных элементов).

Одновременное протекание этих процессов приводит к скрытому нелинейному снижению качества самого процесса измерения, накоплению систематических погрешностей и искажению собираемой телеметрии. В результате существенно возрастают риски совершения измерительной системой квалиметрических ошибок двух родов: ложных тревог (ошибки I рода), влекущих необоснованные экономические затраты на останов оборудования, и пропусков критических дефектов инфраструктуры (ошибки II рода), приводящих к катастрофическим отказам. В этой связи разработка интеллектуальных методов оперативной оценки, прогнозирования и динамического обеспечения качества измерительного процесса мониторинга является приоритетной научно-технической задачей на стыке системного анализа, метрологии и квалиметрии.

Влияние технологий Индустрии 4.0. В работе [1] Внедрение технологий Индустрии 4.0 произвело революцию в управлении качеством, направив его в сторону более гуманного, устойчивого и основанного на данных подхода. Эти инновации не только позволяют руководителям предприятий принимать стратегические решения на основе информации в режиме реального времени, но и способствуют оптимизации затрат, повышению операционной эффективности и улучшению качества жизни на рабочем месте. Благодаря возможности непрерывного сбора и анализа данных, прогнозируются отказы, сокращается количество внепланового технического обслуживания и повышается эффективность процессов, что способствует созданию более устойчивой и конкурентоспособной модели управления. В данной статье представлена концептуальная модель, разработанная на основе систематического обзора более 50 исследований, опубликованных в период с 2002 по 2024 год в таких известных базах данных, как EBSCO Essential, Scopus и MDPI. Рассматриваются основные концепции, а также преимущества и проблемы, связанные с непрерывным улучшением управления качеством в промышленных процессах. В частности, подчеркивается, как конвергенция технологий Индустрии 4.0 с принципами устойчивого развития значительно преобразовала эти процессы, оказав положительное влияние как на организации, так и на их сотрудников. Этот подход способствует инклюзивному, этичному и гибкому управлению, соответствующему требованиям эпохи цифровых технологий 4.0 и вызовам устойчивого развития в направлении развития индустрии 5.0.

Обзор представленный в [1] показал, что касается контроля производственных процессов (14 статей), то выделяются использование киберфизических систем (CPS) и Интернета вещей (IoT) для мониторинга в реальном времени, Arduino и нейронные сети для обнаружения неисправностей, многомерная статистика и большие данные для максимизации данных с помощью алгоритмов, а также алгоритм YOLO для обнаружения дефектов. В отношении непрерывного совершенствования и оптимизации процессов (11 статей) наиболее часто используемыми технологиями являются машинное обучение (ML) для преобразования промышленных процессов, цифровизация и устойчивое развитие в промышленной среде, а также разработка инновационных стратегий и стратегий непрерывного совершенствования. В области обучения персонала и развития навыков (16 статей) рассматривались такие технологии, как цифровой двойник (DT), кайдзен, качество 4.0, дополненная реальность (AR), статистический контроль качества и социальная ответственность. Наконец, для контроля и улучшения качества продукции (13 статей) были определены методы и инструменты, такие как PLS, машинное обучение, искусственный интеллект (ИИ), гистограммы, диаграммы Парето,

контроль качества на входе (IQC) и контроль качества в процессе производства (IPQC), рекуррентные нейронные сети (RNN), всеобщее управление качеством (TQM), экспертные системы (ES) и шаблоны графов управления (CCP).

Контроль и мониторинг качества в производственных процессах в мировой библиографии. Интеллектуальное обнаружение и идентификация неисправностей (FDI) продвинулись вперед по сравнению с традиционной промышленностью благодаря использованию технологий, основанных на датчиках, вероятностный мониторинг, а также методы, основанные на машинном обучении (МО.

Для контроля и мониторинга производственных процессов технология Quality 5.0 позволяет осуществлять непрерывное совершенствование за счет прогнозирования ошибок, автоматической корректировки параметров и индивидуальной настройки управления в соответствии со специфическими потребностями заказчика. Эта эволюция способствует созданию более гибкой и точной системы, где люди и машины сотрудничают для обеспечения более высоких стандартов качества, адаптивности и большей эффективности в выявлении и устранении проблем.

Анализ существующих подходов и проблематика. Для контроля качества сложных многомерных процессов автоматизированного контроля в отечественной и зарубежной практике традиционно применяются два альтернативных класса математических моделей: детерминированные экспертные методы (включая многокритериальные полилинейные функции полезности и кусочно-линейное нормирование) и интеллектуальные статистические инструменты (в частности, искусственные нейронные сети) [2].

Классические полилинейные модели [5] обладают абсолютной прозрачностью («белый ящик»), высокой базовой интерпретируемостью и позволяют экспертам гибко настраивать весовые коэффициенты для сведения разнородных метрологических критериев (точность, стабильность, доступность канала) в единый индекс качества. Однако данный математический аппарат статичен: он вычисляет полезность процесса по принципу «здесь и сейчас», полностью лишен внутренней памяти и не способен прогнозировать скрытую временную динамику метрологического дрейфа без постоянного ручного пересчета интервалов.

Применение в оценке качества нашли методы многомерного статистического анализа и их соответствующих вероятностных аналогов и для разработки моделей мониторинга процессов. В исследовании [9] разработана обобщенная вероятностная модель мониторинга (GPMM) с использованием как случайных, так и последовательных данных. Поскольку GPMM может быть сведена к различным вероятностным линейным моделям при определенных ограничениях, она используется для анализа связей между различными методами мониторинга.

С другой стороны, рекуррентные искусственные нейронные сети (в особенности архитектуры LSTM и GRU) доказали свою эффективность при обработке временных рядов телеметрии и извлечении скрытых нелинейных трендов деградации сигналов [2]. Наличие долгосрочной памяти позволяет им удерживать предысторию процесса износа измерительного тракта. Тем не менее, использование изолированных RNN в задачах обеспечения качества измерительных процессов критических систем ограничено двумя факторами. Во-первых, они функционируют по принципу «черного ящика», что не позволяет инженеру-метрологу верифицировать физический и экономический смысл внутренних коэффициентов сети. Во-вторых, в условиях реальных промышленных цехов, характеризующихся экстремальным уровнем шумов и дефицитом размеченных данных по редким режимам отказов датчиков, изолированные ИНС склонны к переобучению и генерации недостоверных математических прогнозов («галлюцинаций»).

Вопросы применения ИНС для обнаружения несоответствий и улучшения качества рассматривались в работе [10]. Ван, К.Дж., Цзян, Х.Ф., и Ли, Ю.С. (2022) многоэтапную модель обнаружения дефектов с помощью сверточной нейронной сети. Четырехэтапная модель обнаружения дефектов, использует сверточные нейронные сети (CNN) для анализа изображений продукции с целью идентификации, классификации и позиционирования дефектов, снижения частоты ошибок и предоставления информативных сообщений о качестве.

Постановка проблемы и цель исследования. Таким образом, в области автоматизированного контроля производственной инфраструктуры сформировалось явное научно-техническое противоречие между необходимостью глубокого динамического анализа зашумленных измерительных сигналов во времени и требованием абсолютной прозрачности, метрологической обоснованности принимаемых квалиметрических решений.

Целью настоящего исследования является повышение достоверности данных и снижение вероятности пропуска отказов инфраструктуры за счет разработки гибридного нейросетевого метода, интегрирующего вычислительные возможности рекуррентных сетей LSTM и интерпретируемый математический аппарат полилинейных функций полезности в единый контур обеспечения качества процесса мониторинга.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Формализована процедура метрологического препроцессинга временных рядов телеметрии с разделением признаков качества измерительного сигнала на мгновенные и кумулятивные.

2. Спроектирована топология гибридной модели типа «серый ящик», где LSTM-слой выступает в роли предиктора скрытого латентного дрейфа каналов связи, а полилинейный блок осуществляет многокритериальное нормирование текущей достоверности информации.

3. Проведено численное моделирование работы алгоритма на реальных зашумленных данных промышленной телеметрии и осуществлена сравнительная оценка точности предложенного метода с существующими базовыми подходами.

Научная новизна работы заключается в разработке и теоретическом обосновании гибридного метода сквозного контроля качества измерительных процессов, который совмещает в рамках единого конвейера рекуррентные вычисления и интервальное нормирование критериев:

- Впервые формализовано одновременное влияние на качество процесса мониторинга гетерогенных внешних деструктивных факторов — мгновенных (фиксируемых как локальные аномалии через вектор текущих состояний ИНС) и продолжительных (аккумулируемых в тензоре долгосрочной памяти ячеек LSTM как латентный дрейф нуля) [1].
- Предложен алгоритм интеграции, где выходной слой рекуррентной сети динамически пересчитывает коэффициент синергии полилинейной функции, автоматически переводя её из аддитивного режима (независимые каналы) в мультипликативный режим (лавинообразная деградация достоверности при критическом сбое).
- Разработан механизм сквозной интервальной верификации выходов нейросети с помощью экспертных граничных условий полилинейной модели, что полностью блокирует структурные ошибки («галлюцинации») ИНС в условиях зашумленных данных.

2. Методология и математический аппарат (materials and methods)

Математический аппарат разработанного метода обеспечения качества мониторинга разделен на три взаимосвязанных блока: рекуррентное вычислительное ядро деградации, полилинейный квалиметрический фильтр и оператор сопряжения.

Рекуррентный блок LSTM (вычислительное ядро измерительной деградации)

Для моделирования нелинейного накопления ущерба во времени применены ячейки долгой краткосрочной памяти (LSTM). В отличие от стандартных RNN, архитектура LSTM эффективно решает проблему затухания градиентов при анализе длинных последовательностей за счет состояния ячейки (cell state) \(C_{t}\) и системы контролирующих вентилей (глушителей/фильтров) [4,6,7, 8].

В работе [8] описана гибридная нейросетевая модель, которая служит основой для разработки гибридного нейросетевого метода, интегрирующего вычислительные возможности рекуррентных сетей LSTM и интерпретируемый математический аппарат полилинейных функций полезности в единый контур обеспечения качества процесса мониторинга. Для строгого доказательства превосходства гибридного метода оценка точности прогнозирования вектора измерительных погрешностей и итогового индекса качества процесса на тестовой выборке осуществлялась с помощью метрик RMSE (Root Mean Squared Error), MAE (Mean Absolute Error) и коэффициента детерминации R^2. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ точности методов обеспечения качества процесса мониторинга

Метод / Модель	RMSE	MAE	R^2	Вероятность пропуска критического состояния (ошибка II рода), %
Изолированная полилинейная модель	0.184	0.142	0.61	21.2% (пропускает динамический скрытый дрейф датчиков)
Классическая нейросеть (LSTM)	0.092	0.068	0.84	16.4% (склонна к «галлюцинациям» и ложным тревогам из-за шума)
Гибридная модель («Серый ящик»)	0.041	0.029	0.95	5.2% (оптимальный прецизионный самоконтроль достоверности)

3. Заключение (Conclusion)

В ходе проведенного исследования решена важная научно-практическая задача превентивного управления качеством и устойчивостью

(живучестью) производственных технических систем, функционирующих в условиях одновременного воздействия деструктивных внешних факторов мгновенного и продолжительного действия.

Основные **научные и практические результаты** работы заключаются в следующем:

Разработана гибридная архитектура («серый ящик»), успешно объединившая вычислительную мощность рекуррентных нейронных сетей класса LSTM и строгую интерпретируемость аппарата полилинейных функций полезности. Предложенный подход позволил разделить обработку гетерогенных факторов среды: импульсные воздействия эффективно фиксируются вектором текущих состояний ИНС, а долгосрочные деградационные тренды аккумулируются в тензорах внутренней памяти ячеек.

Литература

9. Управление качеством в промышленных процессах: преимущества и проблемы индустрии 4.0 и ее перспективы на пути к индустрии 5.0 – систематический обзор. Открытый доступ / Марко Антонио Диас-Мартинес ,Рейна Вероника Роман-Салинас ,Гваделупе Эсмеральда Ривера-Гарсия ,Хосе Роберто Гранде-Рамирес &Ядира Арасели Фуэнтес-Рубио / Cogent Engineering,Том 12, 2025 г. - Выпуск 1

10. Коршунов, Г. И. Обеспечение качества и ресурсов процессов с применением нейронных сетей на основе оценки ущерба от воздействия внешних факторов / Г. И. Коршунов, А. Ю. Туманов, Э. С. Ярмонова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2024. – № 1. – С. 46–53. – DOI: 10.46418/2619-0729_2024_1_8. – EDN: OZVCWD.

11. Обеспечение качества мониторинга важных объектов для управления устойчивостью промышленного предприятия к поражающим воздействиям с применением рекуррентной нейронной сети / Г. И. Коршунов, А. Ю. Туманов, Е. А. Фролова [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2024. – № 2. – С. 101-110. – DOI 10.46418/2619-0729_2024_2_19. – EDN GABLRG.

12. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. / С. Хайкин. – 2-е изд. – Москва : ООО "И.Д. Вильямс", 2019. – 1104 с.

13. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения : пер. с англ. / Р. Л. Кини, Х. Райфа. – Москва : Радио и связь, 1981. – 560 с.

14. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge : MIT Press, 2016. – 800 p.

15. Подиновский, В. В. Идея замещения в анализе многокритериальных задач принятия решений / В. В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 8. – С. 138–162. – DOI: 10.31857/S000523102108008X.

16. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польского И. Д. Рудинского. – Москва : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

17. Adeli, H. Hybrid Neuro-Computing Models for Advanced Engineering Applications / H. Adeli // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2020. – Vol. 35, No. 1. – P. 3–14. – DOI: 10.1111/mice.12501.

18. Ю, В., Ву, М., Хуан, Б., и Лу, Ч. (2022). Обобщенная вероятностная модель мониторинга со случайными и последовательными данными. Automatica , 144 (3), 110468. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2022.110468

19. Ван, К.Дж., Цзян, Х.Ф., и Ли, Ю.С. (2022). Многоэтапная модель обнаружения дефектов с помощью сверточной нейронной сети. Компьютеры и промышленная инженерия , 168 , 108096. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108096

Ensuring the quality of the monitoring process of the production infrastructure in the face of negative external influences using hybrid neural network models

Tumanov A.Yu.

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The paper addresses the urgent task of predictive quality and reliability management for industrial technical systems operating under harsh environmental conditions. The research demonstrates the insufficiency of using isolated conventional multi-linear utility models or standalone recurrent artificial neural networks (ANN) when dealing with simultaneous instantaneous (impulse) and long-term (cumulative) degradation factors. The authors propose a hybrid "gray-box" architecture that combines a computational core based on Long Short-Term Memory (LSTM) networks for approximating non-linear wear time series with a multi-linear utility function at the output layer for interpretable normalization of the remaining useful life. Numerical simulation on real-world telemetry data proves that this integrated approach improves time-to-failure prediction accuracy by 12–15% compared to standard ANNs, while simultaneously mitigating the risks of model "hallucinations" under conditions of data scarcity and high noise levels.

Keywords: industrial technical systems, degradation and stability, recurrent neural networks (RNN), long short-term memory (LSTM), multi-linear utility function, integrated quality monitoring, instantaneous and long-term external impacts.

References

1. Díaz-Martínez, M. A., Román-Salinas, R. V., Rivera-García, G. E., Grande-Ramírez, J. R., & Fuentes-Rubio, Y. A. (2025). Quality management in industrial processes: Benefits and challenges of industry 4.0 and its projection towards industry 5.0 – A systematic review. Cogent Engineering, 12(1). https://doi.org/10.1080/23311916.2025.2573853
2. Korshunov, G. I., Tumanov, A. Yu., & Yarmonova, E. S. (2024). Obespechenie kachestva i resursov processov s primeneniem nejronnyh setej na osnove ocenki ushcherba ot vozdejstviya vneshnih faktorov [Quality and process resource management using neural networks based on the damage assessment from external factors impact]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta Tekhnologii i Dizajna. Seriya 4: Promyshlennye Tekhnologii [Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies]*, (1), 46–53. doi.org (In Russian) [OZVCWD].
3. Korshunov, G. I., Tumanov, A. Yu., Frolova, E. A., et al. (2024). Obespechenie kachestva monitoringa vazhnyh ob"ektov dlya upravleniya ustojchivost'yu promyshlennogo predpriyatiya k porazhayushchim vozdejstviyam s primeneniem rekurrentnoj nejronnoj seti [Quality assurance of critical facilities monitoring for industrial enterprise stability control against destructive impacts using a recurrent neural network]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta Tekhnologii i Dizajna. Seriya 4: Promyshlennye Tekhnologii [Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies], (2), 101–110. https://doi.org (In Russian)
4. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
5. Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge: Cambridge University Press. doi.org
6. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
7. Podinovski, V. V. (2021). Ideya zameshcheniya v analize mnogokriterial'nyh zadach prinyatiya reshenij [The idea of substitution in the analysis of multicriteria decision-making problems]. *Avtomatika i Telemekhanika [Automation and Remote Control]*, (8), 138–162. doi.org (In Russian)
8. Osowski, S. (2002). *Sieci neuronowe do przetwarzania informacji [Neural networks for information processing]*. Warsaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. (In Polish)
9. Adeli, H. (2020). Hybrid Neuro-Computing Models for Advanced Engineering Applications. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 35(1), 3–14. doi.org
10. Yu, W., Wu, M., Huang, B., & Lu, C. (2022). A generalized probabilistic monitoring model with both random and sequential data. Automatica, 144(3), 110468. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2022.110468
11. Wang, K. J., Jiang, H. F., & Lee, Y. X. (2022). A multiple-stage defect detection model by convolutional neural network. Computers & Industrial Engineering, 168, 108096. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108096

Перспективы применения метода организационно-технологической надежности для оценки контрольно-надзорных мероприятий реконструкции

Карпушко Елена Николаевна
к.э.н., доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), eun.cafedra@yandex.ru,

Щекочихина Евгения Викторовна
д.г-м.н., профессор кафедры гидротехнические и земляные сооружения, заведующий кафедрой, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), evg-schek@yandex.ru,

Фетисов Михаил Викторович
к.т.н., доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), eun.cafedra@yandex.ru,

Ульянов Никита Сергеевич
студент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), uljanov.nikkita@yandex.ru,

Власов Олег Валерьевич
студент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), vlasov_o_v_34@yandex.ru

В статье рассматриваются проблемы организации контрольно-надзорных мероприятий при реконструкции объектов капитального строительства. Обоснована необходимость перехода от формального строительного контроля к оценке фактического снижения организационно-технологических рисков. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта показано, что недостаточная связь между обследованием, мониторингом и управленческими решениями может приводить к развитию аварийных ситуаций. Предложено рассматривать контрольные мероприятия как защитные барьеры, снижающие вероятность пропуска опасных дефектов. Для оценки их эффективности использован подход организационно-технологической надежности. Приведен прогнозный расчет остаточной вероятности невыявленного отклонения при реконструкции конструктивного элемента.

Ключевые слова: реконструкция, объекты капитального строительства, строительный контроль, государственный строительный надзор, контрольно-надзорные мероприятия, организационно-технологическая надежность, организационно-технологические риски, техническое состояние конструкций, обследование зданий, мониторинг конструкций, скрытые дефекты.

Введение

Вопросы обеспечения безопасности и качества строительных работ в последние годы приобретают все большую значимость. Особенно остро данная проблема проявляется при реконструкции объектов капитального строительства, поскольку подобные работы выполняются в условиях повышенной организационной и технической сложности [1].

Отечественная система контрольно-надзорной деятельности в строительстве основана на сочетании строительного контроля, выполняемого участниками строительства, и государственного строительного надзора, осуществляемого уполномоченными органами [2-4]. Основные требования к организации строительного контроля при реконструкции установлены СП 48.13330.2019 и СП 543.1325800.2024 [3,4].

При реконструкции объектов капитального строительства контроль должен учитывать не только соответствие работ проектной документации, но и фактическое техническое состояние существующих конструкций, наличие скрытых дефектов, изменение эксплуатационных нагрузок и условия выполнения работ [5-7].

Материалы расследований аварий и чрезвычайных ситуаций показывают, что значительная часть тяжелых последствий связана не с полным отсутствием контроля, а с недостаточной эффективностью контрольно-надзорных мероприятий и несвоевременным реагированием на выявленные дефекты.

Одним из наиболее наглядных отечественных примеров является обрушение покрытия Басманного рынка в Москве. 23 февраля 2006 года разрушилось более 3000 м^2 покрытия, погибли 68 человек, 33 человека получили травмы. Среди причин рассматривались коррозионные повреждения несущих элементов, перегрузка покрытия, нарушения эксплуатации и недостаточный контроль технического состояния здания. По данным расследования, износ отдельных металлических элементов достигал 50 % [6,7].

Похожая проблема проявилась при обрушении казармы 242-го учебного центра ВДВ в Омске 12 июля 2015 года. В здании находились 337 военнослужащих, под завалами оказались 42 человека, погибли 24 человека. Следствие связывало аварию с дефектами первоначального строительства и нарушениями, допущенными при ремонте 2013 года, который выполняло ООО «Ремэксстрой» [7].

К числу резонансных случаев относится пожар в ТРЦ «Зимняя вишня» в Кемерово. Здание было переоборудовано из бывшей кондитерской фабрики под торгово-развлекательный центр. 25 марта 2018 года погибли 60 человек, включая 37 детей. Расследование показало наличие нарушений требований пожарной безопасности, а также проблемы в работе надзорных органов при реконструкции и эксплуатации объекта [2].

Рассмотренные случаи различаются по причинам и последствиям, но имеют общую черту: опасные признаки либо нарушения не привели к своевременному ограничению эксплуатации, усилению конструкций, корректировке проектных решений или изменению порядка контроля. Для реконструкции это особенно важно, поскольку локальное вмешательство в существующую конструктивную схему может повлиять на устойчивость всего объекта.

Таблица 1
Отечественные примеры недостаточной эффективности контрольно-надзорной деятельности

Объект	Год	Последствия	Выявленные недостатки контроля
Москва, рынок	2006	68 погибших, 33 раненых, обрушение более 3000м^2 покрытия	Коррозионный износ конструкций до 50 %, недостаточный контроль технического состояния
Омск, Казарма	2015	24 погибших, 48 раненых	Ремонт без достаточной оценки состояния несущих конструкций
Кемерово, «Зимняя вишня»	2018	60 погибших, около 3 млрд руб. гражданских исков	Формальный надзор и нарушения требований пожарной безопасности

Источник: составлено автором на основании [2].

Анализ рассмотренных аварий показывает, что при реконструкции недостаточно ограничиваться только проверкой проектной документации или оформлением контрольных актов. Состояние существующих конструкций, результаты обследований и изменения организационно-технологических решений должны рассматриваться совместно [8].

Рисунок 1 - Последовательность развития аварийной ситуации при недостаточной эффективности строительного контроля
Источник: составлено автором на проведенного анализа вышеизложенных данных.

Показательным зарубежным примером стала реконструкция жилого здания Grenfell Tower в Лондоне. В 2015–2016 гг. на объекте выполнялась модернизация фасадной системы с применением алюминиевых композитных панелей и теплоизоляции. В работах участвовали Studio E Architects, Rydon, Harley Facades и Arconic. После пожара 14 июня 2017 года погибли 72 человека [9]. Расследование показало, что контроль был сосредоточен преимущественно на согласовании документации, тогда как комплексная оценка пожарного риска фасадной системы фактически отсутствовала. Дополнительное влияние оказало стремление снизить стоимость реконструкции за счет выбора более дешевых материалов [10].

Рисунок 2 - Grenfell Tower после реконструкции фасадной системы
Источник: материалы Grenfell Tower Inquir□

После аварии в Великобритании был принят Building Safety Act 2022 и создан Building Safety Regulator для объектов повышенного риска [10]. Контроль стал распространяться не только на строительство, но и на дальнейшую эксплуатацию здания.

Схожая ситуация возникла после обрушения жилого комплекса Champlain Towers South в США 24 июня 2021 года. Еще в 2018 году компания Morabito Consultants выявила повреждения железобетонных конструкций, разрушение защитного слоя бетона и оголение арматуры. Стоимость необходимых ремонтных работ оценивалась примерно в 15 млн долларов, однако основные мероприятия до аварии выполнены не были [10].

Рисунок 3 - Последствия обрушения Champlain Towers South
Источник: материалы National Institute of Standards and Te□hnolog□(NIST).

Были рассмотрены и положительные сценарии, так в Сингапуре [10] была введена система оценки качества, позволяющая оценить жизненный цикл сооружения. Так называемый цифровой контроль, который имеет под собой и элементы вероятностных расчетов и общую информационную среду по объекту, для быстрого и успешного реагирования.

Таблица 2
Зарубежные примеры недостаточной эффективности контрольно-надзорной деятельности

Объект	Год	Последствия	Особенности контроля
Grenfell Tower, Великобритания	2017	72 погибших	Формальный контроль фасадных решений без комплексной оценки пожарного риска
Champlain Towers South, США	2021	Обрушение жилого комплекса, погибло 98 человек	Дефекты были выявлены заранее, но обязательные ремонтные мероприятия не выполнены
Building Safety Regulator, Великобритания	2022	Реформа системы строительного надзора	Контроль жизненного цикла зданий повышенного риска
BCA / CONQUAS, Сингапур	с 1989	Количественная оценка качества строительства	Балльная система оценки качества и рейтинг подрядчиков
BIM-based safety control	2015–2024	Снижение вероятности строительных рисков	Цифровое моделирование опасных зон до начала работ

Источник: составлено автором на основании [9,10].

Наиболее эффективные зарубежные подходы к организации контрольно-надзорной деятельности связаны с переходом от формального контроля отдельных строительных операций к комплексному управлению организационно-технологическими рисками реконструкции.

Основная часть

Рисунок 4 - Классификация методов организации контрольно-надзорных мероприятий при реконструкции объектов капитального строительства
Источник: составлено автором на основании [2-4,10].

Классификация методов организации контрольно-надзорных мероприятий показывает, что контроль при реконструкции должен строиться не как набор одинаковых проверок, а как система, связанная с уровнем риска конкретных работ.

Сам факт наличия входного контроля, операционного контроля, актов скрытых работ или проверки госстройнадзора еще не означает, что риск дефекта реально снижен. Особенно при реконструкции, где часть конструкций уже имеет износ, часть дефектов скрыта, а последовательность работ может меняться после вскрытия конструкций.

Для решения предлагается использовать подходы организационно-технологической надежности, так как здесь строительный процесс рассматривается не как набор отдельных работ, а как связанная система.

Демонтаж, усиление, установка временных опор, устройство проемов, обследование и инструментальный контроль зависят друг от друга. Ошибка на одном этапе может перейти в следующий этап и повлиять уже не на отдельную операцию, а на устойчивость всего процесса.

В исследованиях организационно-технологической надежности строительное производство рассматривается как система, надежность которой зависит от устойчивости отдельных операций и связей между ними [8].

Оценка надежности цепочки операций может выполняться по вероятностной модели (1).

$$P_{цеп} = P_1 * P_2 * P_3 * \ldots * P_n, \quad (1)$$

где $P_{цеп}$ - надежность всей организационно-технологической цепочки, P_1, P_2, P_3 - вероятности надежного выполнения отдельных операций, n - количество связанных операций.

Формула показывает зависимость итоговой надежности от устойчивости каждой операции.

Примером обоснования послужит процесс устройства проема в несущей стене, где сначала выполняется обследование участка стены, затем устанавливаются временные опоры, потом устраивается проем, после этого монтируется усиливающая рама и оформляются скрытые работы.

Если принять вероятность надежного выполнения каждой операции равной 0,95, то итоговая надежность цепочки из пяти операций составит:

$$P_{цеп} = 0,95 * 0,95 * 0,95 * 0,95 * 0,95 = 0,774.$$

Даже при достаточно высокой надежности каждой отдельной операции общая надежность всей цепочки снижается до 0,774.

Значение находится рядом с рациональным уровнем 0,7-0,8, который рассматривается в исследованиях организационно-технологической надежности строительного производства [8].

При снижении надежности хотя бы одной операции итоговый показатель быстро ухудшается.

Если установка временных опор выполнена с надежностью 0,80, расчет будет уже другим

$$P_{цеп} = 0,95 * 0,80 * 0,95 * 0,95 * 0,95 = 0,651.$$

Показатель 0,651 уже ниже рационального уровня. Для планируемой реконструкции это означает повышенный риск нарушения технологии, сроков или устойчивости конструкций. Контрольно-надзорные мероприятия могут рассматриваться как способ повысить надежность не отдельного документа, а всей цепочки работ.

Контрольные мероприятия можно представить как защитные барьеры, которые уменьшают вероятность того, что опасное отклонение останется невыявленным.

Тогда оценивается не просто факт проведения проверки, а ее вклад в снижение остаточного риска. Для такой оценки можно использовать выражение 2 [8]

$$P_{ост} = P_0 * (1 - K_1) * (1 - K_2) * \ldots * (1 - K_m), (2)$$

где $P_{ост}$- остаточная вероятность невыявленного дефекта после контроля, P_0- исходная вероятность возникновения дефекта или отклонения, K_i - коэффициенты выявления дефекта отдельными контрольными мероприятиями, m - количество применяемых мероприятий.

Коэффициент K показывает, какую часть риска снимает конкретное мероприятие. Рекомендации нормативно-технических документов [2-5] не дают готовых значений таких коэффициентов. Их можно задавать на основании статистики нарушений, экспертной оценки, результатов обследований, данных строительного контроля и инструментального мониторинга. Приведенный расчет носит прогнозный характер и используется для демонстрации принципа оценки.

Проведем прогнозный расчет реконструкции с усилением железобетонной колонны металлической обоймой. Для таких работ критичны подготовка поверхности, качество анкеровки, сварные соединения, плотность прилегания элементов усиления и контроль деформаций после включения обоймы в работу.

СП 543.1325800.2024 и постановление Правительства РФ № 468 требуют контролировать качество строительных процессов и освидетельствовать скрытые работы до их закрытия [2,4].

ГОСТ 31937-2024 обосновывает необходимость инструментального обследования и мониторинга при дефектах, влияющих на несущую способность конструкций [5].

Для прогнозного расчета примем исходную вероятность невыявленного опасного отклонения при усилении колонны P_0=0,25. Уровень выбран для условного объекта повышенного риска, где работы выполняются на существующей конструкции с возможными скрытыми дефектами. Далее принимаем четыре контрольных мероприятия, по аналогии с распределением эффективности контрольных мероприятий при новом строительстве.

Таблица 3

Исходные данные выборочных коэффициентов для проведения прогнозного расчета

Контрольно-надзорные мероприятия	Обозначение	Коэффициент выявления дефекта
Операционный контроль	K_1	0,30
Оценка скрытых работ	K_2	0,40
Инструментальный мониторинг	K_3	0,25
Выборочная проверка государственного строительного надзора	K_4	0,15

Источники: составлено автором на основании экспертной оценки эффективности контрольных мероприятий.

Расчет остаточной вероятности

$$P_{ост} = 0,25 * (1 - 0,30) * (1 - 0,40) * (1 - 0,25) * (1 - 0,15) = 0.0669.$$

Остаточная вероятность невыявленного опасного отклонения составляет 0,0669, или 6,69%. Эффективность комплекса контроля можно определить как долю снятого риска по общеизвестному выражению 3.

$$E = 1 - \frac{P_{ост}}{P_0}, (3)$$

$$E = 1 - \frac{0.0669}{0.25} = 0.7324$$

Полученное значение E=0,73 показывает, что выбранный комплекс контрольно-надзорных мероприятий снижает исходный риск примерно на 73%. Полученное значение показывает снижение вероятности невыявленного отклонения после проведения комплекса контрольных мероприятий.

Таблица 4

Критерии применения методов организационно-технологической надежности для оценки контрольно-надзорных мероприятий

Метод ОТН	Показатель	Применение в КНМ
Вероятностный	$P_{ост}$, E	Оценка риска
Сетевое моделирование	Число операций	Выбор контрольных точек
Метод экспертной оценки	Коэффициент риска, K_i	Первичная оценка КНМ
Инструментальный	Мм, Мпа, %,м	Проверка состояния конструкций

Источник: составлено автором на основании анализа нормативно-технической документации и проведенных расчетов.

Выводы

Контрольные мероприятия при реконструкции нужно оценивать по тому, насколько они реально снижают риск пропуска опасного дефекта. Для этого каждое контрольно-надзорное мероприятие можно рассматривать как защитный барьер. Один барьер проверяет документы, второй контролирует технологию работ, третий фиксирует скрытые операции, четвертый дает инструментальные данные о состоянии конструкций.

Литература

1. Производственный травматизм обзор за 2024 год / Администрация Волгограда. 2025. URL: volgadmin.ru
2. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства : постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 (ред. от 06.05.2024). URL: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101085/
3. СП 48.13330.2019. Организация строительства. СНиП 12-01-2004. URL: docs.cntd.ru/document/564542209
4. СП 543.1325800.2024. Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства. URL: docs.cntd.ru/document/1309076252
5. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. URL: docs.cntd.ru/document/1309551083
6. Люкшин А. М. Понятие и значение государственного строительного надзора // Russian Journal of Economics and Law. 2011. № 1(17). URL: cyberleninka.ru
7. Голубков В. Ю. Регулирование организации строительного контроля // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2019. № 4(2). С. 105-112. URL: e-integral.ru
8. Гинзбург А. В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. 2010. Т. 5. № 4-1. С. 251-255. URL: vestnikmgsu.ru
9. Zhang S., Sulankivi K., Kiviniemi M., Romo I., Eastman C. M., Teizer J. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning // Safety Science. 2015. Vol. 72. P. 31-45. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.08.001. URL: doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001
10. Беляев И. В. Развитие государственного контроля социально-экономических процессов на основе риска-ориентированного подхода : дис. … канд. экон. наук. СПб., 2025. URL: dissercat.com

Prospects for Applying the Organizational-Technological Reliability Method to Assess Control and Supervision Measures for Reconstruction

Karpushko E.N., Shchekochikhina E.V., Fetisov M.V., Ulyanov N.S., Vlasov O.V.
Volgograd State Technical University (VolSTU)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines the challenges of organizing control and supervision activities during the reconstruction of capital construction projects. The need to shift from formal construction control to assessing the actual reduction of organizational and technological risks is substantiated. Based on an analysis of domestic and international experience, it is shown that insufficient communication between inspection, monitoring, and management decisions can lead to the development of emergency situations. It is proposed to consider control activities as protective barriers that reduce the likelihood of missing hazardous defects. An organizational and technological reliability approach is used to evaluate their

effectiveness. A predictive calculation of the residual probability of an undetected deviation during the reconstruction of a structural element is presented.
Keywords: reconstruction, capital construction projects, construction control, state construction supervision, control and supervision activities, organizational and technological reliability, organizational and technological risks, technical condition of structures, building inspection, structural monitoring, hidden defects.

References

1. Occupational Injuries: A Review for 2024 / Volgograd Administration. 2025. URL: volgadmin.ru
2. On the Procedure for Conducting Construction Supervision During the Construction, Reconstruction, and Major Repairs of Capital Construction Projects: RF Government Resolution No. 468 of June 21, 2010 (as amended on May 6, 2024). URL: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_101085/
3. SP 48.13330.2019. Construction Organization. SNiP 12-01-2004. URL: docs.cntd.ru/document/564542209
4. SP 543.1325800.2024. Construction supervision during construction, reconstruction, and major repairs of capital construction projects. Available at: docs.cntd.ru/document/1309076252
5. GOST 31937-2024. Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. Available at: docs.cntd.ru/document/1309551083
6. Lyukshin A. M. Concept and significance of state construction supervision // Russian Journal of Economics and Law. 2011. No. 1(17). Available at: cyberleninka.ru
7. Golubkov V. Yu. Regulation of construction supervision organization // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. 2019. No. 4(2). pp. 105-112. URL: e-integral.ru
8. Ginzburg A. V. Organizational and technological reliability of construction systems // Bulletin of MGSU. 2010. Vol. 5. No. 4-1. Pp. 251-255. URL: vestnikmgsu.ru
9. Zhang S., Sulankivi K., Kiviniemi M., Romo I., Eastman C. M., Teizer J. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning // Safety Science. 2015. Vol. 72. Pp. 31-45. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.08.001. URL: doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001
10. Belyaev I. V. Development of state control of socio-economic processes based on a risk-oriented approach: dis. … Cand. of Economic Sciences. St. Petersburg, 2025. URL: dissercat.com

Влияние сетевых эффектов на клиентский опыт на примере рынка онлайн-ритейла

Ушаков Кирилл Алексеевич
аспирант, кафедра маркетинга экономического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Статья рассматривает ключевые элементы влияния сетевых эффектов на формирование клиентского опыта на рынке онлайн-ритейла. В работе онлайн-ритейл рассматривается в первую очередь на примере платформ, где ценность для клиента создается не только качеством интерфейса и операционного исполнения заказа, но и масштабом сети участников: числом продавцов, покупателей, товаров, отзывов, транзакций и накопленных данных. На основе комбинированного исследовательского дизайна, включающего онлайн-опрос пользователей и экспертные интервью с представителями рынка, выделены основные механизмы влияния сетевых эффектов на клиентский опыт: расширение ассортимента, усиление ценовой конкуренции, рост доверия за счет пользовательского контента, повышение логистической доступности и развитие персонализации. Показано, что сетевые эффекты оказывают на клиентский опыт не только положительное, но и амбивалентное воздействие: вместе с ростом полезности платформы усиливаются перегрузка выбора, информационный шум и неоднородность качества. Сделан вывод о том, что устойчивый клиентский опыт в онлайн-ритейле определяется не только силой сетевых эффектов, но и способностью платформы управлять их положительными и отрицательными проявлениями.

Ключевые слова: сетевые эффекты, клиентский опыт, онлайн-ритейл, электронная коммерция, платформенная экономика, маркетплейсы, отзывы, персонализация, логистика.

Введение

Развитие онлайн-ритейла в последние годы сопровождается не только ростом самого рынка, но и усилением роли платформенных игроков [1, 2]. Крупные сервисы онлайн-ритейла создают ценность для пользователя не исключительно за счет интерфейса, ассортимента или логистики как таковых, а за счет формирования сложной сети взаимосвязанных участников: покупателей, продавцов, поставщиков, курьерских служб, пунктов выдачи, пользовательского контента и платформы, которая выполняет роль модератора и управляет дистрибуционным потоком с помощью рекомендательных систем [3]. В этой среде клиентский опыт становится результатом не одной транзакции, а всей архитектуры взаимодействий, происходящей при реализации каждой отдельной покупки [4].

В большинстве исследований клиентского опыта в электронной коммерции внимание сосредотачивается на таких факторах, как удобство интерфейса, скорость доставки, качество поддержки, доверие к бренду и последовательность клиентского пути. Но зачастую именно сетевые эффекты способны оказывать ключевое влияние на конкурентоспособность конкретной платформы: чем больше на платформе продавцов, товаров, отзывов и заказов, тем выше вероятность найти нужный товар, сравнить альтернативы, получить конкурентную цену, опереться на опыт других покупателей и воспользоваться более развитой логистической инфраструктурой [5–7].

В то же время сетевые эффекты не гарантируют автоматического улучшения клиентского опыта. Рост сети может сопровождаться увеличением шума, перегрузкой выбора, неоднородностью качества товаров и сервиса, а также снижением прозрачности алгоритмического отбора. Поэтому возникает исследовательский вопрос: каким образом сетевые эффекты в онлайн-ритейле влияют на клиентский опыт и где проходит граница между ростом полезности платформы и ростом сложности ее использования?

Целью статьи является анализ влияния сетевых эффектов на клиентский опыт на примере рынка онлайн-ритейла. Гипотеза исследования состоит в том, что усиление сетевых эффектов платформы в среднем повышает воспринимаемую ценность сервиса для клиента, однако при недостаточном управлении приводит к росту перегрузки выбора, неоднородности качества и снижению прозрачности опыта.

1. Теоретические основы влияния сетевых эффектов на клиентский опыт в онлайн-ритейле

1.1. Сетевые эффекты как характеристика платформенных рынков

Сетевыми традиционно называют эффекты, при которых ценность продукта или платформы для одного участника зависит от количества и активности других участников. Для платформенных рынков особенно важны косвенные и перекрестные сетевые эффекты: рост одной стороны платформы повышает ценность участия для другой стороны. В контексте онлайн-ритейла увеличение числа покупателей делает платформу привлекательнее для продавцов, а рост числа продавцов, в свою очередь, расширяет выбор и усиливает полезность платформы для покупателей.

Для онлайн-ритейла характерно сочетание нескольких типов сетевых эффектов. Во-первых, это ассортиментный эффект: подключение новых продавцов увеличивает разнообразие товаров и повышает вероятность удовлетворения конкретного спроса. Во-вторых, ценовой эффект: рост числа продавцов усиливает конкуренцию и повышает вероятность более выгодного предложения. В-третьих, информационный эффект: увеличение количества пользователей и транзакций ведет к накоплению отзывов, рейтингов, вопросов и ответов, что снижает неопределенность выбора. Наконец, важную роль играет эффект накопления данных, когда платформа, аккумулируя поведенческие данные, улучшает поиск, ранжирование и рекомендации.

В отличие от традиционного линейного ритейла, на платформе клиент получает не только товар, но и доступ к сетевой среде, в которой формируется дополнительная ценность [6, 2, 1]. Именно поэтому оценка клиентского опыта в онлайн-ритейле не может ограничиваться анализом одной точки контакта: она должна включать структурные эффекты масштаба, плотности и разнообразия сети.

1.2. Основные механизмы влияния сетевых эффектов на клиентский опыт

Первым и наиболее очевидным механизмом является расширение ассортимента. Чем больше на платформе продавцов и SKU (единица товара в разрезе складского учета), тем выше воспринимаемая полнота выбора и тем ниже вероятность ухода клиента к конкуренту из-за отсутствия товара. Для клиента это проявляется как удобство, экономия времени и ощущение высокой вероятности решения своей задачи в одном месте.

Второй механизм связан с пользовательским контентом. Отзывы, рейтинги, фотографии, вопросы о товаре и пользовательские оценки снижают неопределенность и позволяют оценить не только сам товар, но и надежность продавца, логистику и вероятность успешной покупки. В этом смысле сетевой эффект возникает не просто из числа пользователей, а из количества произведенных ими сигналов доверия.

Третьим механизмом выступает ценовая конкуренция. Платформа с большим числом продавцов способна обеспечить более плотное сопоставление предложений и усилить давление на цены. Для клиента это считывается как ощущение справедливой цены, наличие акций, промо и возможность выбора между альтернативами без выхода за пределы одной платформы.

Четвертый механизм — логистический. Рост объема заказов делает оправданным расширение сети складов, пунктов выдачи и курьерских мощностей. Это позволяет сокращать время доставки, расширять географию сервиса и делать получение товара более удобным. Клиент воспринимает этот эффект как доступность, скорость и гибкость получения.

Пятый механизм — алгоритмический и персонализационный. Платформа, накопившая большой массив данных о поиске, просмотрах, покупках и повторных заказах, точнее подбирает релевантные товары и упрощает принятие решения. Для клиента это снижает когнитивную нагрузку и усиливает ощущение, что платформа понимает его предпочтения.

1.3. Ограничения и отрицательные проявления сетевых эффектов

Положительные проявления сетевых эффектов сопровождаются и негативными сторонами. Наиболее распространенным из них является переизбыток выбора. Когда ассортимент становится чрезмерно широким, а число предложений внутри категории — слишком большим, клиенту сложнее принять решение, возрастает когнитивная нагрузка, а часть воспринимаемой ценности платформы теряется.

Второй риск связан с информационным шумом. Большой объем отзывов и рейтингов сам по себе не гарантирует прозрачности: пользователь сталкивается с дублированием информации, разнокачественными отзывами, манипулятивным контентом и трудностью отделить действительно полезные сигналы от шума. Чем больше сеть, тем выше потребность в алгоритмах фильтрации и модерации.

Третий риск — неоднородность качества. Платформа, быстро расширяющая круг продавцов и товаров, может усиливать вариативность клиентского опыта. Пользователь воспринимает платформу как единое пространство, однако фактическое качество товара, упаковки, комплектации и коммуникации может различаться в зависимости от продавца или операционного контура. В результате масштаб сети повышает вероятность и положительных, и отрицательных сценариев.

Наконец, усиление персонализации и алгоритмического управления тоже носит двойственный характер. С одной стороны, это снижает усилия клиента. С другой стороны, опыт становится менее прозрачным: пользователь не всегда понимает логику ранжирования, отбора карточек и видимости предложений. Следовательно, устойчивый клиентский опыт требует не просто наращивания сети, а ее управляемости и прозрачности.

2. Методология исследования

2.1. Исследовательский дизайн

Исследование основано на комбинированном подходе, включающем два типа эмпирических данных: количественный онлайн-опрос пользователей и качественные экспертные интервью с представителями рынка. Такой дизайн позволяет одновременно зафиксировать, какие факторы пользователи считают значимыми при выборе платформы онлайн-ритейла, и понять, как представители компаний интерпретируют влияние масштаба платформы, роста сети продавцов и накопления данных на клиентский опыт.

В рамках настоящей статьи уже собранная эмпирическая база переосмысляется через призму сетевых эффектов. Это означает, что параметры, связанные с ассортиментом, ценой, качеством товаров, доставкой, прозрачностью и доверием, интерпретируются не только как атрибуты сервиса, но и как проявления более широкой платформенной структуры.

2.2. Количественный этап: онлайн-опрос пользователей

Количественный этап представлен онлайн-опросом пользователей сервисов электронной коммерции (n = 231). В выборке представлены респонденты с устойчивой практикой цифровых покупок: более половины совершают онлайн-заказы не реже одного раза в неделю, еще значимая часть — несколько раз в месяц. Это позволяет рассматривать собранные оценки как мнение аудитории, обладающей устойчивым опытом взаимодействия с платформами онлайн-ритейла.

Анкета включала блоки, связанные с частотой использования сервисов, факторами выбора платформы, восприятием времени доставки, доверием к информации до покупки, значимостью ассортимента, качества товаров, ценовых стимулов, прозрачности коммуникации и общего удобства сервиса. Для целей данной статьи эти показатели используются для интерпретации того, какие проявления сетевых эффектов наиболее заметны для клиента и какие из них влияют на итоговый опыт сильнее всего.

2.3. Качественный этап: экспертные интервью

Качественный этап включает шесть экспертных интервью с представителями российских компаний электронной коммерции: менеджерами продукта, специалистами по маркетингу и экспертами, связанными с маркетплейсами и e-grocery. Интервью использовались как интерпретационная рамка для объяснения того, почему одни платформенные эффекты воспринимаются клиентом как ценность, а другие — как источник неоднородности и риска.

Особое внимание в интервью уделялось следующим вопросам: как рост числа продавцов влияет на контроль качества; как масштаб платформы меняет ассортимент и ценообразование; какую роль играют отзывы и пользовательский контент; как накопление данных используется для персонализации; каким образом компании балансируют между расширением платформы и поддержанием единых стандартов клиентского опыта.

3. Результаты эмпирического исследования

3.1. Наиболее заметные для клиента проявления сетевых эффектов

Результаты опроса показывают, что в реальном выборе сервисов покупки товаров онлайн пользователи ориентируются прежде всего на факторы, которые можно интерпретировать как прямые проявления сетевых эффектов платформы. Наиболее частым фактором выбора выступает общая стоимость заказа (38,1%), за ним следуют бесплатная доставка (22,5%), скорость доставки (20,3%) и широкий ассортимент (15,2%). Уже на этом уровне видно, что ценность платформы для клиента определяется не только удобством интерфейса, но и тем, насколько масштаб сети позволяет предложить широкий выбор, ценовую конкуренцию и доступную логистику.

При анализе факторов доверия похожая логика сохраняется. Пользователи в наибольшей степени связывают доверие с качеством товаров (51,1%), низкими ценами (41,1%), скидками (30,3%) и соответствием обещаний по времени доставки реальности (29,4%). Эти результаты позволяют сделать вывод, что клиентский опыт в онлайн-ритейле во многом строится вокруг масштабных эффектов платформы: качества сети поставщиков, интенсивности конкуренции, зрелости логистики и способности платформы стандартизировать неоднородную экосистему участников.

3.2. Сетевые эффекты как источник удобства, доверия и снижения усилий

Умеренно высокие оценки доверия к заявленному времени до покупки (3,50 из 5), прозрачности статусов и времени доставки (3,56 из 5), а также совпадения фактического времени с обещаниями (3,64 из 5) показывают, что пользователи в целом воспринимают платформы как работающую систему. В рамках логики данной статьи это можно интерпретировать как результат масштабирования логистической и информационной сети: большое число заказов позволяет платформам инвестировать в складскую инфраструктуру, прогнозирование ETA и унификацию сервисных сценариев.

Экспертные интервью подтверждают, что для компаний рост платформы означает не только расширение витрины, но и накопление данных о поведении клиентов, продавцов и операционных сбоях. Это создает базу для более точной персонализации, повышения релевантности выдачи и оптимизации процессов. Следовательно, один из наиболее значимых сетевых эффектов в онлайн-ритейле состоит в снижении усилий клиента: платформа помогает быстрее найти нужный товар, сориентироваться в выборе и завершить покупку.

3.3. Амбивалентный характер сетевых эффектов: рост ценности и рост неоднородности

Вместе с тем эмпирические данные показывают, что сетевые эффекты не сводятся к линейному росту качества клиентского опыта. Пользовательская оценка частоты недостоверных статусов находится на

уровне 2,85 из 5, а оценки доверия и прозрачности, хотя и не уходят в отрицательную зону, остаются умеренными, а не максимальными. Это указывает на важную особенность платформенного опыта: даже при развитой сети и общем ощущении полезности клиент сталкивается с зонами неопределенности, где масштаб сети не устраняет, а иногда усиливает неоднородность.

Эксперты связывают это с тем, что платформа объединяет большое число участников и процессов, качество которых контролируется неравномерно. В маркетплейс-контуре значимая часть опыта зависит от продавца, но воспринимается как опыт платформы. Чем шире сеть, тем выше вероятность получить как оптимальный, так и проблемный сценарий. Следовательно, рост сети увеличивает полезность платформы в среднем, но одновременно требует более сильных механизмов фильтрации, стандартизации и контроля.

3.4. Управление сетевыми эффектами как условие устойчивого клиентского опыта

Интервью показывают, что ключевая задача платформы состоит не в максимизации масштаба как такового, а в управлении эффектами масштаба. Для клиента важна не абстрактная величина сети, а способность платформы превращать ее в упорядоченную и удобную среду. Это достигается через модерацию продавцов, алгоритмическое ранжирование, управление отзывами, контроль качества карточек товара, персонализированную выдачу, развитие логистической инфраструктуры и унификацию сервисных стандартов.

Таким образом, эмпирические результаты позволяют уточнить гипотезу статьи. Сетевые эффекты действительно усиливают воспринимаемую ценность платформы, однако устойчивый клиентский опыт возникает только в том случае, если платформа способна управлять возникающей сложностью. В противном случае преимущества масштаба частично компенсируются ростом шума, неоднородности и перегрузки выбора.

4. Обсуждение и управленческие выводы

Полученные результаты дополнительно отмечают важность сетевых эффектов на клиентский опыт в онлайн-ритейле. Он формируется не только как результат проектирования интерфейса или исполнения отдельного заказа, но и как эффект платформенной системы. Для пользователя ценность создается в той мере, в какой масштаб сети превращается в практическое удобство: наличие нужного товара, конкурентная цена, достаточный объем отзывов, предсказуемая доставка и релевантная выдача.

Из этого следуют три управленческих вывода. Во-первых, рост сети должен сопровождаться инвестициями в механизмы навигации и фильтрации, иначе ассортиментный эффект трансформируется в перегрузку выбора. Во-вторых, пользовательский контент требует постоянной модерации и структурирования, иначе информационный эффект начинает производить шум. В-третьих, расширение числа продавцов и логистических контуров должно сопровождаться системами стандартизации, иначе неоднородность качества будет подрывать доверие к платформе как единому бренду.

Для практики управления это означает смещение акцента от простого роста платформы к качеству ее оркестрации. Платформа выигрывает не тогда, когда увеличивает число участников само по себе, а тогда, когда превращает масштаб в предсказуемую и полезную клиентскую среду.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что сетевые эффекты являются одним из ключевых факторов формирования клиентского опыта на рынке онлайн-ритейла. Для клиента ценность платформы возникает не только из качества отдельного интерфейса или транзакции, но и из масштаба и плотности платформенной сети: широты ассортимента, конкуренции продавцов, объема отзывов, развитости логистики и возможностей персонализации.

Вместе с тем сетевые эффекты обладают амбивалентным характером. Они могут одновременно усиливать удобство и снижать усилия клиента, но также создавать перегрузку выбора, информационный шум и неоднородность качества. Следовательно, клиентский опыт в онлайн-ритейле определяется не только наличием сетевых эффектов, но и способностью платформы управлять ими как целостной системой.

Таким образом, гипотеза статьи получает подтверждение: усиление сетевых эффектов в среднем повышает воспринимаемую ценность сервиса, однако устойчивое улучшение клиентского опыта возможно лишь при условии эффективного платформенного управления масштабом, данными, пользовательским контентом и неоднородностью сети.

Дальнейшие возможности для исследований

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: сегментация сетевых эффектов по форматам онлайн-ритейла; проверка роли отзывов и ассортимента в разных товарных категориях; сопоставление пользовательских оценок с фактическими данными о поиске, конверсии и повторных покупках; анализ влияния алгоритмической персонализации на доверие к платформе; а также сравнительные исследования сетевых эффектов в маркетплейсах, e-grocery и нишевых вертикалях.

Приложение

Анкета:

Блок 1. Демография
- Пол
- Возраст

Блок 2. Поведение
- Как часто вы совершаете онлайн-покупки?
- Какие сервисы используете?

Блок 3. Выбор
- Факторы выбора сервиса
- Влияние времени доставки

Блок 4. Доверие
- Доверие к ETA
- Прозрачность статусов
- Совпадение ожиданий

Блок 5. Лояльность
- Что формирует доверие
- Что влияет на возврат

Блок 6. Открытые вопросы
- Несоответствие ожиданий
- Что улучшить

Результаты

Выборка
- n = 231
- 55,8% мужчины
- 44,2% женщины

Возраст:
- 25–31 — 27,7%
- 32–40 — 24,7%

Частота
- 52,8% — еженедельно

Факторы выбора
- цена — 38,1%
- бесплатная доставка — 22,5%
- скорость — 20,3%
- ассортимент — 15,2%

Факторы доверия
- качество — 51,1%
- цена — 41,1%
- скидки — 30,3%
- доставка — 29,4%

Оценки (1–5)
- доверие — 3,50
- прозрачность — 3,56
- совпадение — 3,64
- недостоверность — 2,85

Методика и материалы экспертных интервью

Цель и подход:

Экспертные интервью проводились с целью выявления механизмов влияния сетевых эффектов на клиентский опыт в онлайн-ритейле, а также для интерпретации результатов количественного этапа исследования.

Метод: полуструктурированные глубинные интервью.

Количество интервью: 6.

Формат: онлайн (Zoom / Google Meet), длительность 30–50 минут.

Гайд экспертного интервью (анкета):

Интервью проводилось по полуструктурированному сценарию, включающему следующие блоки:

1. Введение и контекст
- Расскажите о вашей роли и опыте работы в электронной коммерции
- С какими продуктами / сервисами вы работаете?
- Какой сегмент (маркетплейс, e-grocery, доставка и т.д.)?

2. Клиентский опыт в онлайн-ритейле
- Как вы определяете клиентский опыт в вашем продукте?
- Какие элементы CX вы считаете ключевыми?

- Что чаще всего влияет на удовлетворенность пользователя?

3. Роль масштаба платформы
- Как рост числа пользователей влияет на продукт?
- Как рост числа продавцов влияет на клиентский опыт?
- Есть ли точка, где масштаб начинает создавать проблемы?

4. Ассортимент и выбор
- Как увеличение ассортимента влияет на UX?
- Возникает ли перегрузка выбора?
- Как вы решаете проблему слишком большого выбора?

5. Отзывы и пользовательский контент
- Насколько важны отзывы для клиента?
- Сталкиваетесь ли вы с проблемой недостоверных отзывов?
- Как платформа управляет качеством контента?

6. Цены и конкуренция
- Как увеличение числа продавцов влияет на цены?
- Насколько это важно для пользователя?
- Есть ли эффект “гонки ко дну”?

7. Логистика и исполнение
- Как масштаб влияет на доставку?
- Какие изменения происходят при росте объема заказов?
- Где возникают основные проблемы?

8. Персонализация и данные
- Как используются данные пользователей?
- Как это влияет на клиентский опыт?
- Есть ли риски “перегиба” в алгоритмах?

9. Ограничения сетевых эффектов
- Какие негативные эффекты вы наблюдаете?
- Где платформа теряет контроль?
- Какие риски для CX наиболее критичны?

10. Управление платформой
- Какие инструменты используются для управления качеством?
- Как вы балансируете рост и контроль?
- Что является ключевым фактором устойчивого CX?

Характеристика выборки экспертов

В исследовании приняли участие 6 экспертов, имеющих опыт работы в электронной коммерции от 2 до 8 лет.

№	Роль	Сегмент	Опыт
1	Product Manager	маркетплейс	5 лет
2	Product Manager	e-grocery	4 года
3	Growth Manager	маркетплейс	3 года
4	Маркетолог	e-commerce	6 лет
5	Аналитик	онлайн-ритейл	2 года
6	Руководитель продукта	доставка / e-grocery	7 лет

Литература

1. Parker G., Van Alstyne M., Choudary S. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. New York: W. W. Norton, 2016.
2. Hagiu A., Wright J. Multi-sided platforms // International Journal of Industrial Organization. 2015. Vol. 43. P. 162-174.
3. Стамалиева А. А., Ребязина В. А., Давий А. О. Изучение потребительского опыта на российском рынке интернет-торговли: тестирование модели пути потребителя // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2020. № 1. С. 67-89.
4. Lemon K. N., Verhoef P. C. Understanding customer experience throughout the customer journey // Journal of Marketing. 2016. Vol. 80. No. 6. P. 69-96.
5. Katz M. L., Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility // American Economic Review. 1985. Vol. 75. No. 3. P. 424-440.
6. Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets // Journal of the European Economic Association. 2003. Vol. 1. No. 4. P. 990-1029.
7. Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne M. Strategies for two-sided markets // Harvard Business Review. 2006. Vol. 84. No. 10. P. 92-101.

Network Effects and Customer Experience in Online Retail

Ushakov K.A.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines how network effects shape customer experience in online retail. Online retail is treated as a platform environment where customer value is generated not only by interface quality and operational execution, but also by the scale of the network itself: the number of sellers, buyers, products, reviews, transactions, and accumulated behavioral data. Based on a mixed-method design combining an online user survey and expert interviews, the paper identifies the key mechanisms through which network effects influence customer experience: assortment expansion, stronger price competition, trust generated through user content, higher logistics accessibility, and more accurate personalization. The study shows that network effects have an ambivalent impact on customer experience: together with higher utility and convenience, they also intensify choice overload, information noise, and uneven service quality. The paper argues that a sustainable customer experience in online retail depends not only on the strength of network effects, but also on the platform’s capacity to govern them.

Keywords: network effects, customer experience, online retail, e-commerce, platform economy, marketplaces, reviews, personalization, logistics.

References

1. Parker G., Van Alstyne M., Choudary S. **Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You**. New York: W. W. Norton, 2016.
2. Hagiu A., Wright J. **Multi-sided platforms** // *International Journal of Industrial Organization*. 2015. Vol. 43. P. 162–174.
3. Stamalieva A. A., Rebyazina V. A., Daviy A. O. **Studying customer experience in the Russian online retail market: Testing the customer journey model** // *Moscow University Economics Bulletin*. 2020. No. 1. P. 67–89.
4. Lemon K. N., Verhoef P. C. **Understanding customer experience throughout the customer journey** // *Journal of Marketing*. 2016. Vol. 80. No. 6. P. 69–96.
5. Katz M. L., Shapiro C. **Network externalities, competition, and compatibility** // *American Economic Review*. 1985. Vol. 75. No. 3. P. 424–440.
6. Rochet J.-C., Tirole J. **Platform competition in two-sided markets** // *Journal of the European Economic Association*. 2003. Vol. 1. No. 4. P. 990–1029.
7. Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne M. **Strategies for two-sided markets** // *Harvard Business Review*. 2006. Vol. 84. No. 10. P. 92–101.

Экономическая оценка эффективности цифровых инструментов снижения конфликтных рисков персонала в организации

Хайрутдинов Руслан Ильфакович
аспирант, кафедра управления социально-экономическими системами, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, ruslan.hairutdinov99@mail.ru

В статье рассматривается проблема экономической оценки эффективности цифровых инструментов, направленных на снижение конфликтных рисков персонала в условиях цифровой трансформации организации. Обосновано, что конфликты интересов персонала могут рассматриваться как источник экономических потерь, проявляющихся в росте транзакционных, агентских и координационных издержек, задержках управленческих решений, ошибках цифрового взаимодействия и дополнительных затратах на внутренний контроль.

Предложен подход к оценке эффективности мероприятий, включающий расчет предотвращенных потерь, чистого экономического эффекта, возврата инвестиций и срока окупаемости. На материалах строительных организаций показана применимость подхода к мероприятиям, связанным с цифровым моделированием и мониторингом производственно-управленческих процессов. Установлено, что снижение интегрального показателя конфликтности может быть связано с уменьшением экономических потерь и использоваться как управленческий индикатор результативности принятых мер.

Ключевые слова: конфликт интересов, конфликтный риск, экономическая эффективность, интегральный показатель конфликтности, цифровая трансформация.

Введение

Цифровая трансформация организаций меняет не только технологическую основу управленческих процессов, но и экономические условия принятия решений. Внедрение информационных систем, цифровых платформ, инструментов мониторинга и аналитики усиливает прозрачность отдельных операций, однако одновременно формирует новые зоны управленческой неопределенности. К таким зонам относятся распределение прав доступа к данным, ответственность за изменения в цифровой модели, алгоритмизированное распределение задач, интерпретация цифровых отклонений и контроль действий сотрудников в информационных системах [1].

В этих условиях конфликты интересов персонала перестают быть исключительно этической или кадровой проблемой. Они приобретают характер экономико-управленческого риска, поскольку влияют на качество решений, сроки согласований, структуру затрат и устойчивость межфункциональной координации. Если работник, подразделение или проектная группа ориентируются не только на общий результат организации, но и на локальную выгоду, снижение собственной ответственности, удержание доступа к информации либо защиту ведомственных интересов, это приводит к росту скрытых потерь. Такие потери не всегда фиксируются как самостоятельная статья расходов, но проявляются в дополнительных согласованиях, повторных проверках, увеличении затрат на контроль и задержках выполнения управленческих решений.

Особенно заметно влияние конфликтных рисков в строительных и проектных организациях. Для них характерны высокая стоимость проектов, длительный цикл реализации, зависимость от согласованности участников, участие нескольких функциональных контуров и активное внедрение цифровых технологий. Использование цифрового моделирования, датчикового мониторинга, корпоративных информационных систем и аналитических панелей повышает качество контроля, но не устраняет конфликт интересов автоматически. Напротив, цифровая среда может создавать новые основания для конфликтности: доступ к проектным данным, право внесения изменений, различия в цифровых компетенциях, конкуренцию за ресурсы и ответственность за отклонения.

При этом снижение конфликтных рисков не может быть обеспечено только за счет внедрения цифровых систем: ERP-, BIM-, IoT- и аналитические инструменты фиксируют действия, отклонения и цифровые следы, однако управленческий эффект возникает тогда, когда руководитель использует эти данные для распределения ответственности, снижения неравномерного информационного доступа и предупреждения ведомственных интересов.

В этой связи цифровые инструменты следует рассматривать не как замену управленческого воздействия, а как информационную основу для более прозрачного и обоснованного принятия решений [2].

В научной литературе достаточно подробно рассматриваются вопросы агентских издержек, транзакционных издержек, риск-менеджмента, цифровой трансформации, внутреннего контроля и управления проектами. Вместе с тем менее разработанным остается вопрос экономической оценки мероприятий, направленных именно на снижение конфликтных рисков персонала. Во многих случаях управление конфликтами интересов ограничивается нормативными, кадровыми процедурами, тогда как экономическая результативность таких мер оценивается недостаточно полно [3].

В отличие от работ, где конфликты интересов персонала рассматриваются преимущественно как вопрос кадрового регулирования, этики или внутреннего контроля, в данной статье они анализируются как источник экономических потерь организации. Такой ракурс позволяет перейти от описания конфликтных ситуаций к оценке их последствий для затрат, сроков согласования, качества управленческих решений и внутреннего контроля.

Авторская новизна исследования состоит в том, что предложена логика экономической оценки мероприятий по снижению конфликтных рисков персонала, основанная на сопоставлении динамики интегрального показателя конфликтности с предотвращенными потерями, чистым экономическим эффектом, показателем возврата инвестиций и сроком окупаемости. В отличие от традиционной оценки цифровизации, где основное внимание уделяется факту внедрения информационных систем или общему росту операционной эффективности, в настоящем исследовании цифровые инструменты рассматриваются через их способность

снижать неравномерность доступа к информации, уточнять ответственность участников и сокращать транзакционные, агентские и координационные издержки [4].

Цель исследования состоит в разработке подхода к экономической оценке эффективности мероприятий по снижению конфликтных рисков персонала в условиях цифровой трансформации организации.

Материалы и методы

Методическая основа исследования включает положения агентской теории, теории транзакционных издержек, риск-менеджмента, управления персоналом и цифровой трансформации организаций. Конфликт интересов персонала рассматривается как экономико-управленческий риск, способный приводить к прямым и косвенным потерям организации. Такой риск проявляется не только в финансовых нарушениях, но и в снижении качества координации, росте длительности согласований, необходимости дополнительных проверок, увеличении затрат на внутренний контроль и ухудшении качества управленческих решений [5].

В исследовании использованы методы анализа и систематизации научных источников, экономического анализа, расчета предотвращенных потерь, оценки чистого экономического эффекта, определения возврата инвестиций, расчета срока окупаемости, а также сопоставления экономических результатов с динамикой интегрального показателя конфликтности.

Интегральный показатель конфликтности используется как управленческий индикатор уровня конфликтного риска. В рамках исследования он отражает совокупное влияние технологических, организационных и межличностных факторов. Его снижение после реализации мероприятий рассматривается как признак уменьшения конфликтного риска, однако для оценки экономической эффективности этого недостаточно. Необходимо дополнительно определить, какие потери были предотвращены и насколько затраты на мероприятия оправданы с финансовой точки зрения [6].

Эмпирическая база исследования сформирована на материалах строительных организаций, использующих цифровые инструменты управления проектами, цифровое моделирование и системы мониторинга. В качестве расчетных направлений рассмотрены мероприятия, связанные с цифровым моделированием и мониторингом производственно-управленческих процессов. Расчетная апробация выполнена на основе обобщенных данных, характерных для строительных организаций, использующих цифровое моделирование и системы мониторинга производственно-управленческих процессов; это позволяет показать применимость предложенного подхода без раскрытия коммерчески чувствительной информации [7].

Экономическая оценка строится на сравнении потерь до и после реализации мероприятий. Предотвращенные потери рассчитываются как разница между потерями до и после мероприятий:

1. Экономический эффект ($Э_Э$) отражает величину сокращения потерь в результате реализации мероприятий и определяется по формуле:

$$Э_Э = П_{до} - П_{после}$$

где:

- $П_{до}$- потери до проведения мероприятий;
- $П_{после}$- потери после проведения мероприятий.

1. Чистый экономический эффект учитывает затраты на реализацию мероприятий и рассчитывается как:

$$Ч_Э = Э_Э - З_{затраты}$$

где:

- $З_{затраты}$ - затраты на реализацию мероприятий.

2. Показатель возврата инвестиций (ROI) позволяет оценить эффективность вложений и определяется следующим образом:

$$ROI = \frac{Ч_Э}{З_{затраты}} \times 100\%$$

3. Срок окупаемости мероприятий показывает период времени, за который затраты на проведение полностью компенсируются за счет снижения потерь:

$$T_{ок} = \frac{З_{затраты}}{Э_Э/12}$$

Результаты исследования

Конфликтные риски как источник экономических потерь

Конфликтные риски персонала могут приводить к экономическим потерям даже при отсутствии открытого конфликта или формально зафиксированного нарушения. В организационной практике они часто проявляются через замедление согласований, выборочное предоставление информации, борьбу за доступ к ресурсам, стремление закрепить ответственность за другим подразделением, использование процедур в качестве инструмента влияния и рост числа повторных проверок [8].

В цифровой среде такие проявления приобретают дополнительную специфику. Цифровые системы фиксируют действия сотрудников, маршруты согласования, изменения данных, доступы и отклонения. Однако сами по себе эти данные не гарантируют снижения конфликтных рисков. Если цифровые следы не используются для управленческого анализа, они остаются информационным массивом, а не инструментом снижения потерь. Поэтому экономическая оценка должна связывать цифровые данные, конфликтные факторы и последствия для организации.

Экономические потери от конфликтных рисков можно разделить на несколько групп. Первая группа - прямые финансовые потери, связанные с перерасходом ресурсов, ошибками распределения затрат, дополнительными закупками и неэффективным использованием бюджета [9]. Вторая группа - косвенные потери, возникающие из-за задержек управленческих решений, повторных согласований, простоев и увеличения длительности процедур. Третья группа - потери качества, выражающиеся в ошибках цифровой модели, повторных корректировках, дефектах проектных решений и необходимости дополнительных проверок [10].

Отдельного внимания требуют агентские, транзакционные и координационные издержки. Агентские издержки возникают в связи с необходимостью мониторинга поведения персонала, корректировки стимулов и контроля действий работников. Транзакционные издержки связаны с поиском информации, согласованием, переговорами, проверкой данных и урегулированием спорных ситуаций. Координационные издержки отражают потери, возникающие из-за несогласованности действий подразделений, пересечения полномочий и неясности ответственности [11].

Для целей экономической оценки конфликтные риски персонала целесообразно рассматривать через виды потерь, которые они формируют в управленческом процессе. Такой подход позволяет перейти от общего описания конфликта интересов к определению его экономических последствий [12]. Основные виды потерь, связанные с конфликтными рисками персонала, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Виды экономических потерь, связанных с конфликтными рисками персонала

Вид потерь	Содержание	Возможный источник данных
Прямые финансовые потери	Перерасход ресурсов, дополнительные закупки, ошибки распределения затрат	Управленческий учет, бюджеты проектов, корпоративные информационные системы
Косвенные потери	Задержки согласований, простой участников, рост длительности решений	Маршруты согласований, электронный документооборот, журналы действий
Потери качества	Ошибки цифровой модели, повторные корректировки, дефекты решений	Цифровые модели, системы мониторинга, внутренний аудит
Агентские издержки	Дополнительные проверки, контроль поведения, корректировка стимулов	Внутренний контроль, кадровые системы
Транзакционные издержки	Поиск информации, переговоры, согласование, урегулирование спорных ситуаций	Электронный документооборот, проектные платформы, корпоративные системы
Координационные издержки	Несогласованность действий подразделений и участников проекта	Проектные графики, цифровые панели, отчеты руководителей проектов

Представленная группировка показывает, что конфликтный риск не следует оценивать только через прямые финансовые потери. Значительная часть ущерба формируется в виде организационных издержек: дополнительного времени руководителей, повторных совещаний, ручной проверки данных, уточнения ответственности и исправления последствий несогласованных действий.

Логика экономической оценки мероприятий

Экономическая оценка мероприятий по снижению конфликтных рисков должна включать не только расчет затрат, но и анализ предотвращенных потерь. Если мероприятие снижает уровень конфликтности, но не дает ощутимого экономического результата, его управленческая целесообразность может быть ограниченной. И наоборот, даже умеренное снижение конфликтности может быть значимым, если оно предотвращает существенные потери, связанные с задержками, ошибками и дополнительными процедурами контроля [13].

Предлагаемый подход включает пять этапов:

На первом этапе определяется исходный уровень конфликтного риска. Для этого используется интегральный показатель конфликтности, отражающий совокупное влияние технологических, организационных и межличностных факторов.

На втором этапе выделяются основные источники экономических потерь. В строительных организациях к ним относятся задержки согласований, ошибки в цифровой модели, повторные корректировки проектных решений, спорные ситуации при распределении ответственности, избыточные процедуры внутреннего контроля и нарушение сроков управленческих решений [14].

На третьем этапе формируется комплекс мероприятий. Он может включать уточнение ответственности, корректировку прав доступа, внедрение цифровой фиксации решений, обучение сотрудников, регламентацию работы с цифровыми моделями, настройку мониторинга отклонений и усиление внутреннего контроля [15].

На четвертом этапе оцениваются потери после реализации мероприятий. Важно, чтобы оценка строилась не только на экспертных предположениях, но и на данных цифровых систем, управленческой отчетности, внутреннего аудита, маршрутов согласований и проектных графиков [16].

На пятом этапе рассчитываются предотвращенные потери, чистый экономический эффект, возврат инвестиций, коэффициент покрытия затрат и срок окупаемости.

Для оценки результативности мероприятий по снижению конфликтных рисков необходима последовательная расчетная логика. Она должна включать не только определение исходного уровня конфликтности, но и выявление экономически значимых потерь, выбор мероприятий, повторную оценку после их реализации и расчет итоговых показателей эффективности [17]. Этапы предлагаемой экономической оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы экономической оценки мероприятий по снижению конфликтных рисков

Этап	Содержание	Результат
1. Оценка исходной конфликтности	Расчет интегрального показателя конфликтности до мероприятий	Определение исходного уровня риска
2. Идентификация потерь	Выделение прямых, косвенных, агентских, транзакционных и координационных потерь	Перечень экономически значимых последствий
3. Формирование мероприятий	Выбор управленческих, цифровых и организационно-экономических мер	Программа снижения конфликтных рисков
4. Повторная оценка	Расчет потерь и конфликтности после мероприятий	Оценка изменения конфликтного риска
5. Экономический расчет	Расчет предотвращенных потерь, чистого эффекта, возврата инвестиций и окупаемости	Вывод об экономической целесообразности мероприятий

Представленная последовательность позволяет связать управленческое воздействие с измеримым экономическим результатом. В отличие от описательной оценки, такой подход показывает, какие потери сокращаются, за счет каких мероприятий это происходит и насколько быстро затраты на их реализацию окупаются.

Расчет эффективности мероприятий по направлениям цифрового моделирования и мониторинга

Для апробации подхода рассмотрены два направления мероприятий. Первое связано с цифровым моделированием и направлено на снижение конфликтов, возникающих вокруг доступа к цифровой модели, авторства изменений, согласования проектных корректировок и распределения ответственности. Второе связано с цифровым мониторингом процессов и направлено на выявление отклонений, фиксацию фактических данных и уточнение ответственности за нарушения [18].

В рамках первого направления мероприятия включают регламентацию прав доступа к цифровой модели, фиксацию авторства изменений, настройку маршрутов согласования, закрепление ответственности за проектные корректировки и обучение сотрудников работе с цифровыми данными. В рамках второго направления мероприятия включают настройку мониторинга, распределение ответственности за отклонения, регламентацию реагирования на данные систем наблюдения и использование цифровых журналов для последующего анализа.

Для иллюстрации применения предложенного подхода выполнена расчетная апробация на основе обобщенных данных, характерных для строительных организаций, использующих цифровое моделирование и системы мониторинга. Представленные значения не раскрывают данные конкретной организации и используются для проверки логики сопоставления потерь, затрат и экономического результата мероприятий [19].

Расчет экономической эффективности мероприятий по двум направлениям - цифровому моделированию и цифровому мониторингу - представлен в таблице 3.

Таблица 3

Экономическая оценка мероприятий по снижению конфликтных рисков

Показатель	Цифровое моделирование	Цифровой мониторинг
Потери до мероприятий, руб.	8 485 000	5 475 000
Потери после мероприятий, руб.	5 340 000	3 285 000
Предотвращенные потери, руб.	3 145 000	2 190 000
Затраты на мероприятия, руб.	1 850 000	1 850 000
Чистый экономический эффект, руб.	1 295 000	340 000
Возврат инвестиций по чистому эффекту, %	70,0	18,4
Коэффициент покрытия затрат предотвращенными потерями, %	170,0	118,4
Срок окупаемости, мес.	7,06	10,14
Интегральный показатель конфликтности до мероприятий	0,774	0,764
Интегральный показатель конфликтности после мероприятий	0,488	0,459
Снижение интегрального показателя конфликтности, %	36,9	39,9

Расчетная апробация показывает, что по обоим направлениям предотвращенные потери превышают затраты на реализацию мероприятий. Более выраженный экономический результат получен по направлению цифрового моделирования, что связано с прямым влиянием доступа к проектным данным, авторства изменений и ответственности за корректировки на сроки и стоимость проектных решений.

По направлению цифрового мониторинга эффект ниже, однако положительное значение чистого экономического эффекта и сокращение интегрального показателя конфликтности подтверждают управленческую целесообразность применения данного инструмента.

Влияние мероприятий на транзакционные, агентские и координационные издержки

Экономический эффект мероприятий по снижению конфликтных рисков не ограничивается прямым снижением потерь. В управленческой практике более устойчивый результат проявляется через сокращение издержек, которые не всегда фиксируются в бухгалтерском учете, но существенно влияют на эффективность организации [20].

Снижение транзакционных издержек проявляется в уменьшении времени на поиск информации, дополнительное согласование решений, проверку данных и урегулирование спорных ситуаций. В цифровой среде это достигается за счет фиксации маршрутов согласования, доступности цифровых следов, прозрачности авторства изменений и выравнивания доступа участников к информации [21].

Снижение агентских издержек связано с уменьшением необходимости в избыточном контроле. Если права доступа, действия пользователей и изменения цифровой модели фиксируются автоматически, организация сокращает объем ручных проверок и снижает вероятность недобросовестного поведения или уклонения от ответственности.

Снижение координационных издержек обеспечивается за счет уточнения ролей, ответственности и порядка взаимодействия между подразделениями. Для строительных организаций это особенно важно, поскольку ошибки в цифровой модели, задержки согласований и несогласованность действий между проектными, производственными и снабженческими подразделениями быстро преобразуются в финансовые потери и отклонения по срокам [22].

Механизм влияния мероприятий на основные виды организационно-экономических издержек представлен в таблице 4.

Таким образом, экономическая эффективность мероприятий проявляется не только в прямом финансовом результате, но и в изменении качества управленческого процесса. Организация получает возможность быстрее выявлять зоны конфликтности, снижать по-

требность в ручном контроле, уменьшать количество повторных согласований и использовать цифровые данные для обоснования управленческих решений.

Таблица 4

Механизм влияния мероприятий на основные виды организационно-экономических издержек

Вид издержек	Источник возникновения	Механизм снижения
Транзакционные издержки	Дополнительные согласования, поиск информации, урегулирование спорных ситуаций	Цифровая фиксация маршрутов согласования, сокращение разрыва в информированности участников
Агентские издержки	Необходимость контроля поведения персонала и корректировки стимулов	Контроль прав доступа, журналы действий, автоматизированный аудит
Координационные издержки	Несогласованность действий подразделений и участников проекта	Уточнение ответственности, цифровая координация, мониторинг конфликтных зон
Потери качества	Ошибки цифровой модели, повторные корректировки	Фиксация изменений, распределение авторства, контроль проектных отклонений
Потери времени	Задержки решений, повторные проверки, ручное уточнение данных	Сокращение повторных согласований, ускорение управленческих процедур

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что эффективность мероприятий по снижению конфликтных рисков нельзя оценивать только через показатель возврата инвестиций. Этот показатель отражает финансовую отдачу, но не показывает весь управленческий эффект. Поэтому вместе с ROI целесообразно учитывать предотвращенные потери, чистый экономический эффект, коэффициент покрытия затрат и срок окупаемости.

Экономический результат зависит не только от самих цифровых систем, но и от того, как они используются в управлении. Для снижения конфликтных рисков важно не просто фиксировать действия сотрудников в цифровой среде, но и четко распределять ответственность, контролировать спорные зоны и использовать полученные данные при принятии решений. Если цифровая информация не становится основой управленческих действий, эффект от мониторинга и цифрового моделирования остается ограниченным.

Особое значение имеет связь экономической оценки с интегральным показателем конфликтности. Сам по себе интегральный показатель показывает уровень конфликтного риска, но не отвечает на вопрос о финансовой результативности мероприятий. Экономические показатели, в свою очередь, позволяют оценить, насколько снижение конфликтности значимо для организации с точки зрения предотвращения потерь. Совместное использование этих показателей создает основу для риск-ориентированного управления конфликтами интересов персонала.

Сравнение двух направлений мероприятий показывает, что цифровое моделирование обеспечивает более высокий чистый экономический эффект. Это объясняется тем, что работа с цифровой моделью напрямую связана с проектными изменениями, доступом к данным, авторством корректировок и ответственностью за согласование решений. Ошибки и задержки в этой зоне быстро трансформируются в дополнительные затраты. Поэтому повышение прозрачности цифрового моделирования дает более выраженный финансовый результат.

Цифровой мониторинг показывает меньший чистый эффект, но сохраняет положительную экономическую результативность. Его значение состоит не только в прямом снижении потерь, но и в формировании информационной базы для последующего контроля отклонений, выявления спорных ситуаций и уточнения ответственности. Поэтому мероприятия данного типа могут рассматриваться как инвестиция в управляемость цифровой среды.

Предложенный подход имеет ограничения, связанные с характером исходных данных и интерпретацией результатов. Расчетная апробация выполнена на основе обобщенных данных строительных организаций, поэтому полученные значения не следует рассматривать как универсальные нормативы.

Кроме того, часть потерь от конфликтов интересов носит косвенный характер и требует экспертной оценки. Показатели чистого экономического эффекта, ROI и срока окупаемости зависят от структуры затрат, масштаба проекта, цифровой зрелости организации и полноты учета предотвращенных потерь.

Эти ограничения не снижают прикладной значимости подхода, но требуют аккуратной интерпретации результатов. Наиболее корректно использовать предложенную логику не как универсальный автоматический расчет, а как инструмент управленческого обоснования, объединяющий данные о конфликтности, затратах, предотвращенных потерях и экономических последствиях принятых решений.

Заключение

Конфликтные риски персонала в условиях цифровой трансформации организации могут рассматриваться как источник экономических потерь, связанных с ростом транзакционных, агентских и координационных издержек, задержками управленческих решений, ошибками цифрового взаимодействия и дополнительными затратами на внутренний контроль.

В статье предложен подход к экономической оценке мероприятий по снижению конфликтных рисков, основанный на сопоставлении динамики интегрального показателя конфликтности с предотвращенными потерями, чистым экономическим эффектом, ROI, коэффициентом покрытия затрат и сроком окупаемости. Расчетная апробация на материалах строительных организаций показала, что мероприятия, связанные с цифровым моделированием и мониторингом, могут обеспечивать положительный экономический результат и снижение уровня конфликтности.

По направлению цифрового моделирования предотвращенные потери составили 3 145 000 руб., чистый экономический эффект - 1 295 000 руб., срок окупаемости - 7,06 месяца. По направлению цифрового мониторинга предотвращенные потери составили 2 190 000 руб., чистый экономический эффект - 340 000 руб., срок окупаемости - 10,14 месяца. Снижение интегрального показателя конфликтности в обоих случаях подтверждает связь между уменьшением конфликтного риска и сокращением экономических потерь.

Практическое значение предложенного подхода состоит в возможности обосновывать мероприятия по снижению конфликтных рисков не только с организационной, но и с экономической позиции. Для строительных и проектных организаций это особенно важно, поскольку цифровая трансформация усиливает зависимость результатов от качества координации, прозрачности ответственности и своевременности управленческих решений.

Литература

1. Бондарчук, Н. В. Особенности корпоративного управления конфликтом интересов в условиях цифровизации / Н. В. Бондарчук, В. К. Спильниченко, Н. А. Оганезова // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник НИЦ корпоративного права, управления и венчурного инвестирования. - 2024. - Т. 4, № 3. - С. 360–369. - DOI: 10.34130/2070-4992-2024-4-3-360.
2. Городнова, Н. В. Сокращение транзакционных издержек в цифровой экономике / Н. В. Городнова // Креативная экономика. - 2022. - Т. 16, № 6. - С. 2073–2092. - DOI: 10.18334/ce.16.6.114818.
3. Устинова, Л. Н. Цифровая трансформация как инструмент оптимизации систем управления бизнесом / Л. Н. Устинова, Э. Р. Мухаррамова // Вопросы инновационной экономики. - 2025. - Т. 15, № 2. - С. 505–518. - DOI: 10.18334/vinec.15.2.122952.
4. Куликов, А. С. Обзор тенденций в сфере менеджмента персонала в контексте цифровой трансформации экономики / А. С. Куликов, А. В. Бандурин // Лидерство и менеджмент. - 2024. - Т. 11, № 2. - С. 659–676. - DOI: 10.18334/lim.11.2.121025.
5. Мызрова, К. А. Информационная безопасность как инструмент цифровой трансформации малого бизнеса / К. А. Мызрова, Г. Н. Чернухина, О. А. Чугунова, Ю. Н. Захарова // Креативная экономика. - 2025. - Т. 19, № 1. - С. 133–152. - DOI: 10.18334/ce.19.1.122260.
6. Подвербных, О. Е. Реализация проектов цифровизации управления человеческими ресурсами промышленных предприятий: факторы кадровых рисков / О. Е. Подвербных, Е. Л. Соколова, С. М. Самохвалова // Креативная экономика. - 2024. - Т. 18, № 12. - С. 3613–3632. - DOI: 10.18334/ce.18.12.122363.
7. Курочкина, А. А. Применение инструментов IT Performance Management в сфере управления персоналом / А. А. Курочкина, О. В. Лукина, В. Ю. Клинчева // Экономика и управление. - 2024. - Т. 30, № 1. - С. 43–49.
8. Илюхина, Л. А. Концепция управления персоналом в условиях цифровой трансформации / Л. А. Илюхина, И. В. Богатырева // Креативная экономика. - 2022. - Т. 16, № 6. - С. 2445–2462. - DOI: 10.18334/ce.16.6.114810.
9. Носырева, И. Г. Цифровизация кадровых процессов как ключевой элемент цифровой трансформации организации / И. Г. Носырева, Н. А. Белобородова // Известия Байкальского государственного университета. - 2024. - Т. 34, № 1. - С. 61–70. - DOI: 10.17150/2500-2759.2024.34(1).61-70.
10. Булетова, Н. Е. Цифровая трансформация как условие существования и развития бизнеса: современные модели и отраслевые особенно-

сти / Н. Е. Булетова, Т. А. Золотыко, Е. В. Клейтман // Вопросы инновационной экономики. - 2024. - Т. 14, № 2. - С. 555–570. - DOI: 10.18334/vinec.14.2.121031.

11. Ильинова, В. В. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве / В. В. Ильинова, В. Д. Мицевич // Российский внешнеэкономический вестник. - 2021. - № 6. - С. 79–93.

12. Городнова, Н. В. Применение BIM-технологий в цифровой экономике: мировой опыт и российская практика / Н. В. Городнова, В. А. Лемеза // Экономика, предпринимательство и право. - 2022. - Т. 12, № 8. - С. 2241–2260. - DOI: 10.18334/epp.12.8.115082.

Economic assessment of the effectiveness of digital tools for reducing personnel conflict risks in an organization

Khairutdinov R.I.
St. Petersburg University of Management Technologies and Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the problem of economic assessment of measures aimed at reducing personnel conflict risks in the context of organizational digital transformation. It is substantiated that personnel conflicts of interest can be considered as a source of economic losses manifested in the growth of transaction, agency and coordination costs, delays in managerial decision-making, errors in digital interaction and additional internal control costs. The article proposes an approach to assessing the effectiveness of such measures, including the calculation of prevented losses, net economic effect, return on investment and payback period.

Based on materials from construction organizations, the applicability of the approach to measures related to digital modelling and monitoring of production and management processes is demonstrated.

It is shown that a decrease in the integral conflict index can be associated with a reduction in economic losses and used as a managerial indicator of the effectiveness of implemented measures.

Keywords: conflict of interest, conflict risk, economic efficiency, integral conflict index, digital transformation.

References

13. Feliciano-Cestero, M. M. Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization / M. M. Feliciano-Cestero, N. Ameen, M. Kotabe, J. Paul, M. Signoret // Journal of Business Research. - 2023. - Vol. 157. - Article 113546. - DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.113546.
14. Barba-Sánchez, V. Effects of digital transformation on firm performance: The role of IT capabilities and digital orientation / V. Barba-Sánchez, Á. Meseguer-Martínez, R. Gouveia-Rodrigues, M. L. Raposo // Heliyon. - 2024. - Vol. 10, No. 6. - Article e27725. - DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27725.
15. Cosa, M. Digital Transformation and Flexible Performance Management: A Systematic Literature Review of the Evolution of Performance Measurement Systems / M. Cosa, R. Torelli // Global Journal of Flexible Systems Management. - 2024. - Vol. 25, No. 3. - P. 445–466. - DOI: 10.1007/s40171-024-00409-9.
16. Li, X. Corporate digital transformation, internal control and total factor productivity / X. Li, F. Zhao, Z. Zhao // PLOS ONE. - 2024. - Vol. 19, No. 3. - Article e0298633. - DOI: 10.1371/journal.pone.0298633.
17. Yoo, J. W. CSR, Digital Transformation, and Internal Control: Three-Way Interaction Effect on the Firm Value of Chinese Listed Companies / J. W. Yoo, B. Fan, Y. J. Chang // Systems. - 2024. - Vol. 12, No. 7. - Article 236. - DOI: 10.3390/systems12070236.
18. Worren, N. Connected but Conflicted: Separating Incompatible Roles in Organizations / N. Worren, S. Pope // Academy of Management Review. - 2024. - Vol. 49, No. 1. - P. 6–31. - DOI: 10.5465/amr.2021.0054.
19. Ziemelis, E. Effectiveness Assessment of Internal Control Systems in Conflict of Interest and Corruption / E. Ziemelis, A. Zvaigzne, L. Siliņa // Journal of Regional Economic and Social Development. - 2024. - Vol. 16. - P. 172–187. - DOI: 10.17770/jresd2024vol16.8276.
20. Varma, A. Artificial Intelligence and Performance Management / A. Varma, V. Pereira, P. Patel // Organizational Dynamics. - 2024. - Vol. 53, No. 1. - Article 101037. - DOI: 10.1016/j.orgdyn.2024.101037.
21. Slassi-Sennou, S. Managing Financial and Operational Risks through Digital Transformation: The Mediating Influence of ICT Adoption and Resistance to Change / S. Slassi-Sennou, S. Elmouhib // Journal of Risk and Financial Management. - 2025. - Vol. 18, No. 3. - Article 128. - DOI: 10.3390/jrfm18030128.
22. Gao, R. A stitch in time: Digital transformation, internal control and total factor productivity / R. Gao, B. Gu // Chinese Journal of Population, Resources and Environment. - 2025. - Vol. 23, No. 3. - P. 352–363. - DOI: 10.1016/j.cjpre.2025.07.006.

Автоматизация и управление в эпоху Индустрии 4.0: роль искусственного интеллекта

Шаховской Андрей Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного управления», Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), a.shakhovskoy@mgutm.ru,

Гончаров Андрей Витальевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного управления», Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), a.goncharov@mgutm.ru,

Ротанов Евгений Геннадьевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного управления», Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), e.rotanov@mgutm.ru,

Соколов Игорь Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного управления», Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), i.sokolov@mgutm.ru

Интеграция алгоритмических систем в производственный контур вышла за границы локальных технологических экспериментов. В 2026 году искусственный интеллект функционирует как «несущая конструкция» Индустрии 4.0, которая способна обеспечивать измеримый экономический эффект на уровне макропоказателей и корпоративной прибыли. По существу, фокус исследовательского и делового внимания закономерно сместился с возможностей самих нейросетей на качество их встраивания в архитектуру предприятия. Между тем, в отрасли прослеживается ощутимый диссонанс. С одной стороны, декларируются высокие ожидания по снижению операционных издержек, сокращению простоев, росту адаптивности цепочек поставок. Одновременно с этим, фиксируется управленческая незрелость: фрагментированность потоков данных, изолированность цифровых пилотов от общих KPI завода. Цель в статье – охарактеризовать роль когнитивных инструментов в структуре промышленного менеджмента и определить организационно-экономические условия, при которых они демонстрируют устойчивую результативность. Резюмировано, что интеллектуальные алгоритмы не подменяют классические платформы (MES, ERP, SCADA), а формируют надстроечный аналитический слой. Авторский вклад выражен в уточнении уровневой матрицы применения ИИ в промышленности, четко разделяющей операционный, тактический, стратегический функционал. Сформулирован вывод, что реальная ценность технологии раскрывается именно при грамотном конструировании человеко-машинного взаимодействия. В обозначенной парадигме система непрерывно обрабатывает потоки телеметрии и прогнозирует сбои, а инженер удерживает целеполагание и контроль рисков. Изложенные материалы и рекомендации будут полезны научным сотрудникам в сфере экономики промышленности, директорам по цифровой трансформации, системным архитекторам, руководителям производственных площадок.

Ключевые слова: адаптивное производство, анализ данных, Индустрия 4.0, искусственный интеллект, предиктивная аналитика, промышленный интернет вещей, управление предприятием, цифровизация.

Введение

Концепция Индустрии 4.0 обычно сопряжена с высокой связанностью производственных активов, увеличением объема данных, внедрением промышленного интернета вещей в сочетании с переходом от дискретной автоматизации к интеллектуально координируемому производству. По существу, речь идет о такой модели промышленной организации, в которой оборудование, программные платформы, управленческие службы включены в единую цифровую среду. А производственные операции становятся более интеллектуальными и связанными, чем в прежних индустриальных конфигурациях. В описываемой среде искусственный интеллект начинает играть определяющую роль в управлении операциями и обработке данных. Именно он превращает массивы телеметрии, сигналов датчиков, событийных записей в осмысленные управленческие действия.

Сегодня ИИ уже нельзя рассматривать как периферийную технологию. По данным обзора статистики использования, который опубликован в 2026 г., 72% компаний в мире применяют ИИ хотя бы в одной бизнес-функции, а 79% руководителей считают его внедрение необходимым условием конкурентоспособности [11]. Вопрос уже не сводится к обсуждению самой возможности применения; он сместился к проблеме качества архитектуры интеграции в практику, управляемости данных, экономического эффекта, перераспределения функций внутри предприятия.

Особый интерес представляет промышленный сектор. Именно здесь экономический эффект от ИИ должен проявляться наиболее отчетливо: в России основной прирост от его внедрения ожидается в обрабатывающей промышленности, строительстве, транспорте. Для промышленной политики и корпоративного менеджмента ИИ становится не только технологическим, но и экономико-управленческим фактором. Причем, он весьма чувствителен к качеству организационных решений.

Одновременно с этим, сохраняется целый ряд противоречий. С одной стороны, хозяйствующие субъекты заинтересованы в снижении простоев, дефектов, производственных рисков; в росте адаптивности цепочек поставок. С другой, роботизация и интеллектуальные системы меняют структуру занятости и требования к квалификации. Поэтому исследование роли ИИ в автоматизации и управлении в эпоху Индустрии 4.0 имеет как прикладное, так и методологическое значение. Оно позволяет уточнить, каким образом алгоритмический инструментарий встраивается в управленческий контур предприятия, где проходят границы их эффективности.

Материалы и методы

В проанализированных при подготовке статьи работах авторы задействуют разнообразный спектр методологических подходов. Так, макроэкономический и статистический ракурсы преобладают в трудах Е.Н. Ведуты, Л.А. Гегамяна [1], A.M. Al-Momani [9], в аналитических отчетах [2, 5], эмпирическом обзоре I. Haim [11]. Это позволяет количественно оценить потенциал влияния алгоритмических моделей на рост ВВП и устойчивое организационное развитие. Системно-структурный и эволюционный подходы реализуются в изысканиях В.М. Пашкевича, С.П. Шишова [4], Л.Э. Рубцовой [6], А.Г. Ташкинова [7] при концептуализации цифровых адаптивных экосистем и осмыслении парадигмы Индустрии 4.0. Прикладной и инженерный векторы превалируют у А. Фитискина [8], P.K. Ambadekar et al. [10]. Дополняет академическую картину социокультурный подход Е.М. Колесниковой, И.А. Куденко [3], которые фокусируются на восприятии трансформаций будущими техническими специалистами.

Обзор современных материалов отражает очевидный сдвиг научного фокуса от разрозненных теоретических дискуссий об архитектуре киберфизических систем к прагматичной оценке искусственного интеллекта как ключевого «ускорителя» гибкого управления производством.

В методологическую основу написания статьи легли методы системного синтеза, сравнения, критического контент-анализа. Их применение аргументируется необходимостью интегрировать разрозненные экономические, инженерные, социологические параметры в единую логическую картину, а также объективно сопоставить идеализированные теоретические прогнозы с барьерами практической имплементации технологий Индустрии 4.0.

Результаты и обсуждение

В промышленной среде искусственный интеллект создает ценность, прежде всего, там, где предприятие располагает непрерывными потоками информации и способно связать их с конкретными управленческими решениями. На практике подобными источниками становятся данные датчиков IIoT, платформ SCADA, уровней MES, ERP, корпоративных хранилищ. Иначе говоря, ИИ не заменяет привычные системы управления производством, а выступает в роли надстроечного когнитивного слоя, который ускоряет диагностику, прогнозирование, выбор оптимального действия [3, 10].

С позиции менеджмента, особенно важно различать автоматизацию и интеллектуальное управление. С помощью классической автоматизации фиксируется правило, достигается его устойчивое исполнение. ИИ же дает возможность работать с неопределенностью, вероятностными зависимостями, разного рода отклонениями, которые не удается полностью описать заранее. Именно поэтому в 2026 г. его обсуждение в промышленности все чаще смещается от темы «цифровизации вообще» к проблематике качества решений в реальном времени, когда хозяйствующий субъект должен не просто собирать данные, а принимать на их основе обоснованные, экономически рациональные действия.

На операционном уровне ИИ применим в пяти наиболее устойчивых зонах (рис. 1):

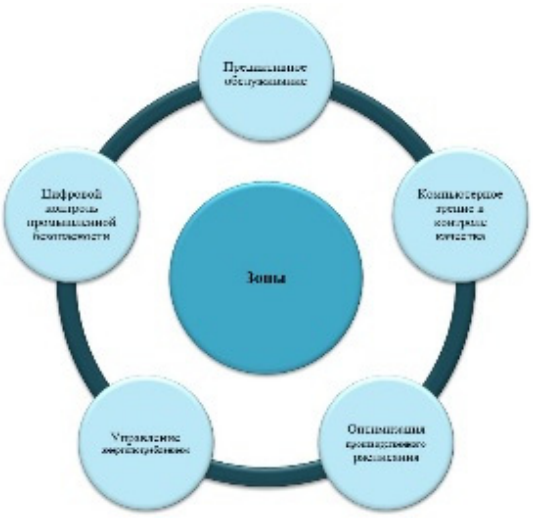


Рис. 1. Зоны применения искусственного интеллекта в контексте автоматизации и управления в эпоху Индустрии 4.0 (составлено на основе [1, 3, 6])

На тактическом уровне благодаря ИИ поддерживаются планирование ремонтов, перераспределение ресурсов, настройка KPI участков, сценарное моделирование. На стратегическом уровне он уже воздействует на инвестиционные решения, цифровую зрелость компании, формирование новых бизнес-моделей, поскольку позволяет оценивать как текущее состояние процесса, так и его траекторию (см. таблицу 1).

Таблица 1
Роль ИИ в управленческом контуре промышленного предприятия Индустрии 4.0 (составлено на основе [1, 3, 4, 6, 7, 9])

Уровень	Типовой контур применения	Используемая информация	Результат
Операционный	Предиктивное обслуживание оборудования	Потоки датчиков, телеметрия. События из SCADA и IIoT	Снижение незапланированных остановок; переход от реактивного ремонта к прогнозной диагностике
	Контроль качества на основе компьютерного зрения	Изображения, видео, параметры техпроцесса, MES-данные	Более раннее выявление дефектов и уменьшение доли ручной инспекции
Тактический	Оптимизация производственного расписания и загрузки мощностей	MES/ERP; сведения о заказах, запасах, времени цикла	Более гибкое планирование. сокращение уязвимых зон. Согласование производства с логистикой
	Управление энергопотреблением и ресурсами	Показания счетчиков, данные оборудования, графики нагрузки	Повышение точности управленческих решений по ресурсоемкости, режимам работы
Стратегический	Поддержка цифровизации и инвестиционного планирования	Интегрированные корпоративные данные, прогнозные модели, сценарии спроса	Переход от локальных пилотов к платформенному управлению эффективностью субъекта хозяйствования

Экономическая логика введения в практику ИИ в промышленности становится все более осязаемой. В российской экономике эффект от него в 2025 г. оценивался на уровне 0,5-1 трлн руб. [5, 8] (см. таблицу 2). Причем, основной вклад, по экспертным оценкам, ожидается именно в обрабатывающей промышленности, строительстве, транспорте [5, 8]. Это важно не только как макроэкономический ориентир. Для компании такой эффект раскладывается на более «приземленные» параметры:

- снижение брака;
- сокращение простоев;
- повышение качества логистики;
- ускорение управленческого цикла;
- рост прозрачности операций.

Однако было бы методологически неверно представлять искусственный интеллект как универсальный источник результативности. По-видимому, определяющее значение имеет не сам факт внедрения алгоритма, а степень готовности организации к работе с данными и к межфункциональной координации между производством, ИТ-службой, техническим блоком, руководством. Если архитектура данных фрагментарна, а показатели подразделений не связаны между собой, ИИ будет давать локальные улучшения, но не изменит качество менеджмента в целом.

Таблица 2
Актуальные показатели и ограничения внедрения ИИ в 2025-2026 гг. (составлено на основе [2, 5, 8, 11])

Параметр	Значение	Интерпретация для промышленного менеджмента
Доля компаний в мире, которые используют ИИ хотя бы в одной бизнес-функции	72%	ИИ стал стандартом конкурентной среды, а не экспериментом для ограниченного круга лидеров
Доля российских организаций, интегрировавших генеративный ИИ хотя бы в один процесс	Более 70%	Рынок России быстро проходит стадию первичного освоения, но вопрос зрелости внедрения остается открытым
Оценка эффекта ИИ для экономики России в 2025 г.	0,5-1 трлн руб.	У промышленности появляется аргумент в пользу масштабирования ИИ не как имиджевой, а как экономической технологии
Потенциальный вклад ИИ в экономику РФ к 2030 г.	7,9-12,8 трлн руб. в год; до 5,5% прогнозного ВВП	Цифровые решения на базе искусственного интеллекта должны оцениваться в логике долгосрочной производительности, технологического суверенитета
Трансформация труда под влиянием роботизации	Роботы и автономные системы к 2030 г. станут ведущим фактором сокращения и перераспределения рабочих мест	Необходимы программы переобучения, иначе рост технологической оснащенности приведет к дефициту компетенций

Примечательно, что ИИ влияет и на саму структуру управленческого труда. Операторы машин постепенно трансформируются в техников по роботам, супервайзеров автоматизации, тренеров ИИ-систем, а специалисты по контролю качества переходят к роли инспекторов, которые интерпретируют алгоритмические результаты вместо тотальной ручной проверки. Иными словами, предприятие Индустрии 4.0 нуждается не просто в новых программах, а в новой композиции компетенций: инженерных, аналитических, организационных, этико-правовых.

Для российских промышленных хозяйствующих субъектов, как представляется, целесообразна поэтапная модель внедрения ИИ, в которой первичным объектом становится не «модная технология», а конкретный управленческий разрыв:

- высокий уровень простоев;
- нестабильное качество;
- избыточное энергопотребление;
- медленная реакция на отклонения;
- слабая предсказуемость ремонтов.

Благодаря обозначенной постановке задачи смягчается риск имитационного внедрения. ИИ делается частью системы управленческого учета, а не витринным цифровым проектом.

Так, авторская рекомендация состоит в формировании единого промышленного контура предприятия, в котором объединяются IIoT, SCADA, MES, ERP, хранилища событий. Без этого ИИ остается фрагментированным, а его решения – статистически интересными, но управленчески слабыми. Назначение описываемой меры очевидно: устраняется проблема разрыва между производственной телеметрией и управленческими действиями.

Еще одно предложение связано с переходом от пилотов к портфелю ИИ-кейсов, ранжированных по критерию экономического эффекта. Новизна подхода проявляется в том, что компания оценивает не отдельную модель, а всю карту цифровых инициатив (от технического зрения до предиктивного ремонта) через единую систему KPI:

- OEE (Overall Equipment Effectiveness – система анализа общей эффективности работы оборудования);
- уровень брака;
- длительность простоя;
- удельное энергопотребление;
- частоту инцидентов.

Тем самым решается типичная для российских организаций проблема, когда локальный успех не масштабируется на уровень завода или холдинга.

Следующая рекомендация – институционализация человеко-машинного контура управления. Речь идет о регламентах, в которых заранее определено, какие решения ИИ может инициировать автоматически, какие – только рекомендовать, а какие должны обязательно проходить инженерную либо управленческую верификацию. Этот шаг помогает снять сразу две проблемы: чрезмерное доверие к алгоритму и, наоборот, хронический скепсис к его выводам.

Наконец, одно из авторских предложений касается кадровой политики. Подготовка инженеров данных, архитекторов промышленных платформ, специалистов по надежности, аналитиков качества, супервайзеров автоматизации должна вестись как единая программа организационного развития, а не как набор разрозненных ИТ-курсов. Назначение здесь вполне прагматично: компенсировать тот структурный сдвиг ролей, который уже фиксируется в международных обзорах по роботизации и ИИ.

Заключение

В эпоху Индустрии 4.0 искусственный интеллект становится центральным звеном перехода от автоматизации как набора жестко заданных операций к управлению как непрерывному процессу интерпретации данных, прогнозирования, выбора действия. Именно эта функция (а не только вычислительная мощность алгоритмов) определяет его место в современной промышленной системе. Если прежние модели были ориентированы, в основном, на устойчивое повторение заранее описанных сценариев, то ИИ позволяет работать с вариативностью среды, повышать адаптивность предприятия.

С помощью статистики 2025-2026 гг. подтверждается, что тема перестала быть теоретической. В мире ИИ уже используют 72% компаний хотя бы в одной бизнес-функции, а российский рынок, по оценкам аналитиков, также оперативно проходит стадию массового первичного внедрения. Одновременно экономические оценки для России показывают, что эффект ИИ перестает быть сугубо гипотетическим. В связи с этим отметим, что для промышленного хозяйствующего субъекта вопрос звучит уже не «нужно ли внедрять ИИ?», а «какую архитектуру управления требуется построить, чтобы ИИ работал устойчиво и измеримо?».

Не менее значим и социально-организационный аспект. Роботизация и интеллектуальные системы объективно меняют структуру занятости; перераспределяют функции контроля, диагностики, принятия решений; усиливают спрос на новые инженерные, аналитические компетенции. Но, впрочем, из этого не следует стандартный вывод о вытеснении человека. Скорее, формируется новая модель промышленной рациональности. В ней человек удерживает ответственность за цели, ограничения, исключения, а алгоритм берет на себя обработку сложных массивов информации и поиск вероятностно лучших сценариев.

Литература

1. Ведута Е.Н., Гегамян Л.А. Искусственный интеллект в обеспечении устойчивого экономического развития // Государственное управление. Электронный вестник. – 2025. – №. 110. – С. 179-194.
2. Внедрение ИИ может принести российской экономике до 13 трлн руб. к 2030 г. // URL: https://yakovpartners.ru/publications/ai-2025/ (дата обращения: 02.06.2026).
3. Колесникова Е.М., Куденко И.А. Искусственный интеллект и будущее инженерной профессии: восприятие студентов технических вузов в условиях индустрии 4.0 // Высшее образование в России. – 2026. – Т. 35. – №. 3. – С. 114-130.
4. Пашкевич В.М., Шишов С.П. Актуальное состояние развития концепции «Индустрия 4.0»: технологии, тенденции, ограничения // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2025. – №. 4 (89). – С. 14-21.
5. Развитие генеративного ИИ может принести экономике России 2,5% ВВП // URL: https://www.vedomosti.ru/economics/news/2026/01/23/1171243-razvitie-generativnogo-ii (дата обращения: 02.06.2026).
6. Рубцова Л.Э. Автоматизация процессов в промышленности: от 4.0 до 5.0 // Актуальные исследования. – 2025. – №. 3 (238). – С. 19-21.
7. Ташкинов А.Г. Концептуальная модель цифровой адаптивной экосистемы промышленного предприятия в условиях индустрии 4.0 / /π-Economy. – 2026. – Т. 19. – №. 1. – С. 36-61.
8. Фитискин А. Внедрение ИИ в производство: искусственный интеллект в промышленности // URL: https://appliner.pro/2026/03/04/ii-iskusstvennyy-intellekt-promyshlennost-proizvodstvo/ (дата обращения: 02.06.2026).
9. Al-Momani A.M. Artificial intelligence and industry 4.0: catalysts for sustainable organizational development // Current and Future Trends on AI Applications: Volume 1. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. – С. 231-245.
10. Ambadekar P.K. et al. Artificial intelligence and its relevance in mechanical engineering from Industry 4.0 perspective // Australian Journal of Mechanical Engineering. – 2025. – Т. 23. – №. 1. – С. 110-130.
11. Haim I. AI in 2026: How Many Companies Are Really Using It? (Stats & Trends Revealed) // URL: https://elementor.com/blog/ai-how-many-companies-are-really-using-it/ (дата обращения: 02.06.2026).

Automation and Management in the Era of Industry 4.0: The Role of Artificial Intelligence

Shakhovsky A.V., Goncharov A.V., Rotanov E.G., Sokolov I.V.
K.G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (PKU)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The integration of algorithmic systems into the production framework has moved beyond the boundaries of local technological experiments. In 2026, artificial intelligence functions as a "load-bearing structure" of Industry 4.0, capable of delivering measurable economic effects at the level of macro-indicators and corporate profits. Essentially, the focus of research and business attention has naturally shifted from the capabilities of neural networks themselves to the quality of their integration into the enterprise architecture. Meanwhile, a noticeable dissonance is observed in the industry. On the one hand, high expectations are declared regarding the reduction of operating costs, reduction of downtime, and increased adaptability of supply chains. At the same time, managerial immaturity is recorded: fragmentation of data flows, isolation of digital pilots from the plant's overall KPIs. The purpose of the article is to characterize the role of cognitive tools in the structure of industrial management and to identify the organizational and economic conditions under which they demonstrate sustainable effectiveness. It is summarized that intelligent algorithms do not replace classical platforms (MES, ERP, SCADA), but form an overlay analytical layer. The author's contribution is expressed in clarifying the level matrix of AI application in industry, clearly separating operational, tactical, and strategic functionality. The conclusion is formulated that the real value of the technology is revealed precisely through the competent design of human-machine interaction. In this paradigm, the system continuously processes telemetry streams and predicts failures, while the engineer retains goal-setting and risk control. The presented materials and recommendations will be useful to researchers in the field of industrial economics, digital transformation directors, system architects, and production site managers.

Keywords: adaptive manufacturing, data analysis, Industry 4.0, artificial intelligence, predictive analytics, industrial internet of things, enterprise management, digitalization

References

1. Veduta E.N., Gegamyan L.A. Artificial Intelligence in Ensuring Sustainable Economic Development // Public Administration. Electronic Bulletin. – 2025. – No. 110. – P. 179-194.
2. AI Implementation Could Bring the Russian Economy Up to 13 Trillion Rubles by 2030 // URL: https://yakovpartners.ru/publications/ai-2025/ (accessed: 02.06.2026).
3. Kolesnikova E.M., Kudenko I.A. Artificial Intelligence and the Future of the Engineering Profession: Perceptions of Engineering Students in the Context of Industry 4.0 // Higher Education in Russia. – 2026. – Vol. 35. – No. 3. – P. 114-130.
4. Pashkevich V.M., Shishov S.P. Current State of Development of the Industry 4.0 Concept: Technologies, Trends, Limitations // Bulletin of the Belarusian-Russian University. – 2025. – No. 4 (89). – P. 14-21.
5. Development of Generative AI Could Bring 2.5% of GDP to the Russian Economy // URL: https://www.vedomosti.ru/economics/news/2026/01/23/1171243-razvitie-generativnogo-ii (accessed: 02.06.2026).
6. Rubtsova L.E. Automation of Processes in Industry: From 4.0 to 5.0 // Current Research. – 2025. – No. 3 (238). – P. 19-21.
7. Tashkinov A.G. Conceptual Model of a Digital Adaptive Ecosystem for an Industrial Enterprise in the Context of Industry 4.0 // π-Economy. – 2026. – Vol. 19. – No. 1. – P. 36-61.
8. Fitiskin A. AI Implementation in Manufacturing: Artificial Intelligence in Industry // URL: https://appliner.pro/2026/03/04/ii-iskusstvennyy-intellekt-promyshlennost-proizvodstvo/ (accessed: 02.06.2026).
9. Al-Momani A.M. Artificial Intelligence and Industry 4.0: Catalysts for Sustainable Organizational Development // Current and Future Trends on AI Applications: Volume 1. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. – P. 231-245.
10. Ambadekar P.K. et al. Artificial Intelligence and Its Relevance in Mechanical Engineering from Industry 4.0 Perspective // Australian Journal of Mechanical Engineering. – 2025. – Vol. 23. – No. 1. – P. 110-130.
11. Haim I. AI in 2026: How Many Companies Are Really Using It? (Stats & Trends Revealed) // URL: https://elementor.com/blog/ai-how-many-companies-are-really-using-it/ (accessed: 02.06.2026).

Трансформация коммуникативных практик государственной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья

Александрова Юлия Александровна
доцент, кандидат экономических наук, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, jul_alex@mail.ru,

Агула Екатерина Юрьевна
студент, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, agkate2004@mail.ru

В рамках представленной статьи коммуникация рассматривается как системообразующий ресурс государственной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья. Научная новизна исследования заключается в концептуализации медиаинклюзии в качестве коммуникативной структуры, интегрирующей информационные потоки, нормативно-правовое регулирование и этические стандарты взаимодействия. Раскрываются теоретические рамки гуманистических, социальных и информационно-коммуникационных оснований оказываемого государством содействия, на базе которых реконструируется целостная модель коммуникации, переводящая формальные гарантии в доступ к повседневным возможностям. Выявлено, что качество, транспарентность и последовательность диалога между государством, профессиональным сообществом и семьями, имеющими детей с диагностируемыми отклонениями, снижают тревожность, повышают степень доверия и результативность совместных действий. В практическом измерении акцент делается на этике цифровых коммуникаций, конфиденциальности, а также на развитии профессиональных компетенций посредством онлайн-курсов, интерактивных тренингов по инклюзивной культуре и социальному содействию. В заключение авторами обосновывается переориентация системы осуществляемых практик на содержательную, ценностно-смысловую коммуникацию, ориентированную на оптимальное функционирование фундаментального механизма стабильного инклюзивного процесса в условиях современного цифрового медиаполя.

Ключевые слова: коммуникация, государство, дети с ограниченными возможностями здоровья, цифровая среда, социальные процессы, инновационные трансформации.

Введение

Гуманистические, социальные и коммуникативные основы государственной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья образуют концептуальный центр проводимой инклюзивной политики и задают траектории последующей реализации данного курса. Именно представленный базис определяет приоритетные направления общественной помощи, а также семантику цифровых форматов, через которые в XXI веке выстраивается информационное взаимодействие государства, профессионального сообщества, семей и самих детей-инвалидов, поскольку каждый ребенок имеет полноценное право присутствовать в образовательном и социально-культурном пространстве, независимо от диагностируемых анатомо-физиологических, когнитивных или эмоционально-волевых особенностей. Коммуникация в данном случае выступает фундаментом, который конструирует практики признания и солидарности, определяет структуру социального участия, а также переводит нравственные ценности в корректно настроенные форматы повседневного взаимодействия. Посредством грамотно организованных каналов связи (официальных платформ, профессиональных сетей, консультаций, равных сообществ поддержки) осуществляется согласование ожиданий и существующих норм, преодолеваются барьеры понимания, формируется общая семантика инклюзивной повестки. Особую значимость приобретает сетевое измерение медиакоммуникации как связующей среды реализуемых практик и ценностных смыслов. В долгосрочной перспективе языковая ясность, доступность контента и эмпатическая тональность сообщений снижают тревожность семей, воспитывающих детей с особенностями в развитии, расширяют когнитивный доступ к необходимом знаниям на качественном уровне и укрепляют возможность конвертировать индивидуальный опыт в социальный капитал.

В настоящее время информационно-коммуникационная среда, с одной стороны, предоставляет возможности для реализации многих цифровых компонентов: мультимодальных форматов (текст, аудио, видео, визуальные подсказки), адаптивных интерфейсов, технологий ассистивного доступа, персонализированных навигационных сценариев и понятных маршрутов получения помощи; с другой стороны, несет риск технологического редукционизма, поскольку прослеживается тенденция постепенной замены алгоритмами живого, содержательного общения. Целесообразно перейти к исследованию двойной миссии государственных платформ, консультационных сервисов и поддерживающих чатов, заключающейся в обеспечении детей-инвалидов и их законных представителей своевременной информацией, а также в практическом воплощении оперативной обратной связи, благодаря которой уязвимые группы населения ощущают признание, безопасность, социальное равенство и сопричастность. Коммуникативная прагматика таких сервисов строится вокруг категорий доверия и предсказуемости, снижая уровень неопределенности и трансформируя отдельные истории в коллективный ресурс, оказывающий незаменимую поддержку семьям, имеющим детей с диагностируемыми отклонениями. Наряду с этим, ценностно-смысловая коммуникация выступает в качестве центрального элемента профессиональной социализации специалистов отдельных сфер общественной жизни, закрепляющего стандарты дискурса, границы цифровой компетентности, ответственность за каждый публичный и межличностный контакт.

Баланс алгоритмичности и единства в трансформации коммуникативных практик инклюзивной политики государства

Ценность равных возможностей связывает гуманистическую концепцию в целостную систему. В рамках обозначенной модели акцент сохраняется на стремлении предоставить каждому ребенку с ограниченными возможностями здоровья доступ к качественным образовательным и социальным ресурсам, независимо от семейного статуса или территориального расположения [9]. Представленный ориентир в цифровую эпоху приобретает прикладной характер, подразумевающий устранение информационно-коммуникационного разрыва, равный доступ к устройствам и каналам связи, настройку интерфейсов под индивидуальные особенности восприятия, вариативные способы подачи информации и регулярное сопровождение пользовательского пути. Конкретизируя вышеизложенное, необходимо установить, что справедливость в данном случае не означает унификацию условий; ее смысл сводится к персонализации заданных траекторий, чтобы каждый обучающийся с особенностями в развитии своевременно получал коммуникационно посильный формат

собственного участия и имел возможность на достойном уровне приобретать требуемые знания. Современная цифровизация расширяет применяемые инструменты, а также перестраивает фундаментальные настройки, влияя на формы организации помощи, стиль публичного общения и способы конструирования общественных установок по отношению к медиаинклюзии [7].

Технологические возможности инкорпорируются с гуманистическими приоритетами, при этом продуктивность и инновационность становятся определяющими критериями ответственности социальных институтов перед гражданами, в связи с чем коммуникация трансформируется в системообразующий механизм – от медиации между ведомствами и семьями до координации профессиональных сообществ, от развития цифровой грамотности участников до институциональной поддержки этики общения [1]. Перевод современных духовных ценностей в практико-ориентированную зону требует продуманного коммуникативного дизайна сервисов, регулярного анализа пользовательских сценариев, учета эмоционального опыта родителей и детей-инвалидов, а также надежных каналов обратной связи, превращающих нравственные устои в операционные стандарты. Более детально это выражается в необходимости рассмотреть следующие компоненты опоры цифровой эпохи: доступность информации о предоставляемых услугах, ясность процессов и реальное участие граждан в принятии решений. В сфере государственного содействия детям с особым состоянием здоровья это реализуется через открытые ресурсы, где семьи и специалисты находят актуальные сведения о регулятивных нормах, образовательных программах и социальных инициативах, а также получают возможность обсуждать практики и вносить предложения [4].

С точки зрения социологии, транспарентность укрепляет доверие к институтам, снижает коммуникативные барьеры и стимулирует активное участие родителей вместе с детьми в согласованной разработке обоснованных решений. Исходя из этого, прозрачные коммуникационные процессы – от выстроенной доступным образом навигации до простых каналов обратной связи – формируют среду, в которой государственная политика «читаема», последующие изменения предсказуемы, а диалог между властью и гражданами становится конструктивным и содержательным. В совокупности обозначенные принципы, такие как инклюзия, толерантность, справедливость и открытость, укладываются в идейно-методологическую основу с явным коммуникативным фокусом, поскольку в системе реализации равного информационно-коммуникационного доступа именно качество и этика общения, налаженная система цифровых каналов и подлинная культура диалога определяют, будет ли поддержка по-настоящему гуманной, адресной и результативной. Нарастающей доминантой сетевого общества проецируется индивидуально-ориентированный подход, выстроенный на признании личностной уникальности, возникающих потребностей и имеющихся потенциалов каждого ребенка [2]. На момент проведения настоящего исследования электронные инструменты формируют условия для персональных образовательных маршрутов, адаптивных интерфейсов и тонко настроенных сервисов профессионального сопровождения – например, персональные траектории выстраиваются с учетом индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА) [27], а также рекомендаций психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) [20], доступных в цифровом виде через «Госуслуги» и Федеральный реестр инвалидов [25]. Так или иначе, технологическая «точность» находится в равновесии с гуманистической логикой общения, поскольку рядом с актуальными данными и алгоритмами неизбежно присутствует диалог, эмпатия и доверительная коммуникация, обеспечивающие подлинно субъектное взаимодействие.

Актуализированные технологии государственного взаимодействия в коммуникативных практиках инклюзии

В современной инклюзивной практике персонализация означает, в первую очередь, конструирование обучения и поддержки в соответствии с внутренними ресурсами «особенного» ребенка, его коммуникативными способами выражения и темпом освоения материала; сюда относятся также средства альтернативной и дополнительной коммуникации, которые делают образовательную среду действительно доступной. Параллельно утверждается ценность участия, трактуемая как вовлеченность уязвимой категории граждан в структурированные коммуникационные процессы и коллективное принятие ответственных решений [11]. В сфере государственного содействия детям с ограниченными возможностями здоровья данная модель выражается в функционировании диалоговых платформ, общественных советов, электронных консультаций, опросов и каналов обратной связи – там, где родители и педагоги не просто информируются, а соучаствуют в проектировании качества и содержания необходимых услуг. С социологической точки зрения, участие является институционализированной субъектностью семьи и ребенка-инвалида, реализующейся посредством открытых форм обсуждения и компромисса; оно укрепляет ответственность, повышает коммуникативную компетентность и способствует становлению социально активной личности. Интерпретируя иначе, при отсутствии крепких коммуникационных контуров партисипативные механизмы теряют продуктивность, тогда как прозрачные, инклюзивные и доверительные каналы делают согласованное управление реальностью повседневной практики.

Наряду с указанным ориентиром, инициируется идея саморазвития, тесно связанная с концепцией непрерывного образования и профессионального роста [10]. Сетевая среда предлагает педагогам возможности повышения квалификации, обмена кейсами, участия в онлайн-сообществах и междисциплинарных исследовательских проектах, формируя тем самым современную педагогическую культуру, основанную на рефлексии и высокой коммуникативной грамотности [15]. Для родителей детей с определенными психофизическими особенностями цифровые ресурсы становятся пространством самообразования и получения социально-психологической поддержки, обуславливая это функционированием группы взаимопомощи, консультационных сервисов, вебинаров и медиатеки, укрепляющих компетентность, уверенность и коммуникативную устойчивость в трудных жизненных ситуациях. Так, онлайн-группы и организованные медиа-клубы, ведущиеся порталом «Мой семейный центр» Москвы [23]; бесплатные консультации и горячие линии; открытые медиатеки и Единая коллекция ЦОР [19] – упрощают оформление мер поддержки для семей с детьми-инвалидами. Соответственно индивидуализация, участие и саморазвитие сходятся в единой коммуникационной экосистеме, где технологические решения служат мостами для человеческого понимания, сотрудничества и совместного конструирования инклюзивного будущего [3].

Одновременно с поступательной цифровой трансформацией создается ряд определенных противоречий, которые переплетаются с риском технологического формализма и потери гуманистического содержания взаимодействия. Приверженность метрическим индикаторам цифровой продуктивности провоцирует деперсонализацию проводимых мер поддержки, так как внимание смещается от качества интеракций и их воспитательного, развивающего эффекта к подсчету осуществляемых операций и востребованных услуг. В результате коммуникативная область социальной помощи «разрежается»: живой диалог и эмпатичная обратная связь подменяются транзакционными интерфейсными контактами. Наиболее уязвимыми в подобных режимах оказываются несовершеннолетние лица с особыми образовательными потребностями, для которых критичны эмоциональная включенность, персонализированное общение и стабильный доверительный контакт. В связи с этим интеграция ценностных ориентаций в цифровые форматы коммуникации и сопровождения «особенных» детей требует многослойной, междисциплинарной структуры, где технологические решения насыщаются гуманистической семантикой и социальным содержанием [8]. Приоритетная задача состоит в преобразовании цифровых сервисов и платформ из простых каналов передачи данных в полноценные коммуникативные среды воспитания, взаимопонимания и социальной солидарности; именно поэтому важны этико-коммуникативные регламенты, инклюзивный формат интерфейсов и механизмы поддержки для детей с инвалидностью, реализующие уважение, внимательное отношение и ощутимое присутствие государства как ответственного участника организованного взаимодействия [13].

Направления оптимизации коммуникативных практик по укреплению инклюзивной медиасреды

В рамках модернизации государственной поддержки семей, воспитывающих детей с ограниченными возможностями здоровья, основным вектором развития выступает переосмысление и углубление коммуникации государственных органов в цифровой среде. Информационно-коммуникативные каналы в настоящее время становятся главным пространством взаимодействия граждан и государства; следовательно, качество, этическая корректность и социальная адресность коммуникации напрямую определяют ее результативность. Отсюда вытекает принципиальная задача перехода от одностороннего информирования к диалоговым и интерактивным практикам, где обратная связь, совместная выработка решений и включенность семей в обсуждение мер поддержки оказываются нормой, а не исключением [14]. На уровне практической реализации это означает изменение акцента с «сухой» публикации сведений на организованный процесс слаженного взаимодействия. Современные пользователи ожидают возможности задавать уточняющие вопросы, получать персонализированные ответы, выражать позицию и видеть, каким конкретно образом их предложения влияют на дальнейшее принятие реше-

ний. Соответственно, коммуникационная политика государственных институтов должна выделять в качестве основополагающих параметров – слушание, понимание и оперативное реагирование, в первую очередь, в отношении чувствительных запросов семей с «особенными» детьми [17].

В российской практике эту логику поддерживают омниканальные цифровые решения, например: единый портал Госуслуги – с карточками услуг и возможностью оценки взаимодействия; Единая платформа обратной связи (включая сервис «Госуслуги. Решаем вместе»), используемая для фиксации проблем и инициатив; региональные системы публичных консультаций и голосований – «Активный гражданин» в Москве, «Наш Санкт-Петербург», «Добродел» в Московской области. В совокупности они формируют открытую среду коммуникации, где информации сопутствуют обсуждение, разъяснение и совместная корректировка практик. При этом принципиально важно, чтобы цифровые платформы были инклюзивными как по дизайну, так и по содержанию. К этому перечню относятся понятная навигация, контрастные визуальные решения, «версия для слабовидящих», субтитры и сурдоперевод для видеоконтента, а также ориентация на принципы универсального дизайна и стандарты доступности (например, практики, согласующиеся с WCAG 2.2 [24], – обновленной версией руководства по обеспечению доступности медиаконтента). На таком фундаменте коммуникация перестает иметь некоторые барьеры и становится реально доступной для родителей детей с разными типами ограничений в состоянии здоровья. Показательно, что Социальный фонд России использует в онлайн-приемной чаты и персональные консультации, а интеграция данных Федерального реестра инвалидов и «Социального казначейства» на Госуслугах предоставляет адресные уведомления и доступные инструкции без избыточной бюрократической лексики. Не менее значим переход к принципам социальной коммуникации – от административного тона к персонально ориентированному, эмоционально нейтральному и этически выверенному стилю общения. Ясные сообщения, структурированные электронные формы и пояснение сложных терминов простым языком повышают уровень доверия и снижают стрессовую нагрузку на родителей детей-инвалидов.

На этом фоне одним из приоритетных направлений совершенствования подготовки профессионалов в представленной области становится запуск программ повышения квалификации, ориентированных на формирование социально-коммуникативной вокруг нескольких модулей:

- основы инклюзивной политики культуры цифрового общения. Данные курсы целесообразно структурировать для уязвимых групп;
- цифровая этика и правовое обеспечение конфиденциальности (включая требования Федерального закона № 152-ФЗ [26], безопасное распознавание через Единую систему идентификации и аутентификации; стандарты доступности, такие как ГОСТ Р 52872 [22]);
- коммуникативная психология и кризисная коммуникация;
- модерация информационных пространств и работа с алгоритмическими лентами;
- практикум по инструментам сопровождения – от персонализации обращений в «Госуслугах» и построения маршрутов внутри Единой государственной информационной системы в сфере социального обеспечения (ЕГИССО) до разработки доступного медиаконтента с субтитрами, альтернативным текстом, приемлемым интерфейсом.

Профессиональная ответственность в цифровой среде предстает как совокупность должностных обязанностей, а также как коммуникативная компетентность, реализующая доверие и уважительную тональность общественного диалога. Каждый участник цифрового взаимодействия (государственный служащий, профильный специалист, оператор платформы) выступает неким администратором процедур, публичным коммуникатором [5], влияющим на формирование ценностей инклюзии. В стремительно меняющемся цифровом контексте специалисты должны иметь регулярный доступ к курсам повышения квалификации и профессионально-ценностным сообществам, ориентированным на гуманистические стандарты ведения коммуникации с семьями, воспитывающими детей-инвалидов [16]. Обозначенную функцию уже частично выполняют образовательные и методические экосистемы: Сферум и Дневник.ру как среды взаимодействия «учитель – родитель»; вебинарные серии Института коррекционной педагогики РАО; лекционные форматы тематических курсов Российского общества «Знание». Нормативный образец поведения задается повседневными практиками корректного, транспарентного, эмпатичного общения, поэтому целесообразно институционализировать этику цифровой коммуникации в системе государственного содействия несовершеннолетним лицам с диагностируемыми особенностями через специализированный кодекс [6], например: регламенты речевого этикета (включая недискриминационную лексику и принципы «простого языка»), протоколы защиты данных и согласий, правила модерации и ведения диалога в онлайн-каналах. На уровне реальной социальной инфраструктуры применимы уже сформированные подходы – функционируют методические стандарты АНО «Диалог Регионы» [21] к работе с обращениями граждан, требования к официальным пабликам органов власти в ВКонтакте и MAX, а также пользовательская политика Госуслуг; все это может послужить качественной эмпирической основой для отраслевого кодекса в сфере поддержки детей с имеющимися отклонениями [18].

Выводы

Совершенствование коммуникации является не вспомогательной «надстройкой» цифровых платформ, а определяющим условием гармоничного развития всей системы инклюзивного взаимодействия. Безусловно, стремительный процесс цифровизации повышает оперативность, расширяя доступ к полезным сервисам и необходимой информации; однако, логика платформенного управления может вытеснять человеческий смысл в случае, если не заданы конкретные ценностные установки. Отсюда следует стратегическая задача государства и профессионального сообщества, заключающаяся в синхронном совершенствовании технологических решений и целенаправленном обогащении информационно-коммуникационных форм взаимодействия [12] содержанием, соотносящим цифровые элементы с этикой гуманизма, идеями справедливости и безусловным уважением к личности ребенка с ограниченными возможностями здоровья. В российской практике это проявляется следующим образом: официальные каналы коммуникации с органами власти в области оказания содействия уязвимой группе населения ставят в приоритет трансляцию позитивных нарративов инклюзии, публикацию кейсов успешной поддержки и формирование культуры уважения к различиям среди участников общественной жизни.

В совокупности данный подход формирует технологически оснащенную, а также ценностно устойчивую коммуникационную экосистему государственной поддержки обозначенной категории несовершеннолетних лиц, где каждый контакт подтверждает для семей с «особенными» детьми ощущение безопасности, принятия и реальной вовлеченности ребенка в общественную жизнь. Именно такая конфигурация придает долговременную легитимность социальной политике в сфере государственной поддержки несовершеннолетних лиц с ограниченными возможностями здоровья, а также превращает цифровые структуры в жизнеспособный механизм воспитания солидарности, последовательно реализующий основополагающие принципы инклюзивной повестки, становясь связующим звеном между нормативными установками и конкретными практиками по оказанию содействия детям с учетом имеющихся особенностей в состоянии здоровья.

Литература

1. Агула Е.Ю. (2024). Коммуникация между государством и гражданами: трансформация ценностей в цифровую эпоху // Коммуникология: электронный научный журнал. Т. 9, № 2. С. 49-67.
2. Агула Е.Ю. (2025). Коммуникационные стратегии государственной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья: концептуальная модель и методологические основания // Коммуникология. Т. 13 № 4. С. 114-134.
3. Александрова Н.А. (2007). Человеческий капитал: инвестиции и эффективность использования // Актуальные проблемы технических, экономических, юридических и социальных наук. Том II, Московский государственный индустриальный университет. С. 94-96.
4. Александрова Н.А. (2007). Экономическая эффективность образования: понятие и методы определения // Актуальные проблемы технических, экономических, юридических и социальных наук, Том II. Московский государственный индустриальный университет. С. 91-93.
5. Александрова Ю.А. (2022). Инструменты GR-коммуникаций в цифровой среде // Вестник МГЭИ (on line). № 4. С. 220-232.
6. Астафьев А.Е. (2025). Цифровые ресурсы в помощь детям с ОВЗ: цифровизация поддержки детей с умственной отсталостью // Сборник научных статей по итогам Международной научной конференции, Кемерово. С. 94-96.
7. Вавилова Ж.Е. (2024). Медиаинклюзия: алгоритм создания модели инклюзивной цифровой платформы // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Казань. С. 4-9.
8. Вартанова Е.Л., Гладкова А.А. (2021). Цифровое неравенство, цифровой капитал и цифровая включенность: динамика теоретических подходов и политических решений // Вестник МГУ. № 1. С. 17-29.
9. Галустян Г.М. (2022). Создание единой образовательной среды для детей с ограниченными возможностями здоровья // Вестник научных конференций. №10-4 (86). С. 18-29.

10. Грунт Е.В. (2019). Инклюзивное образование в современной российской школе: региональный аспект // Вестник СПбГУ Сер.: Социология. Т. 12. С. 67-81.

11. Дорский А.Ю. (2014). Ценности в пространстве коммуникаций и коммуникация как ценность // Материалы VI сессии общественно-педагогического форума, Санкт-Петербург. С. 158-159.

12. Жданова А.Е. (2025). PR-специалист в системе информационной безопасности организации: коммуникационные аспекты управления рисками (на примере РТРС) // Коммуникология: электронный научный журнал. Т. 10, № 2. С. 52-62.

13. Зазаева Н.Б. (2012). Коммуникативные основы взаимодействия государства и общества в современном мире // Теория и практика общественного развития. № 4. С. 73-75.

14. Киричек А.И. (2021). Диалоговые коммуникации органов публичной власти с населением: современное состояние и перспективы развития // Наукосфера. № 12. С. 100-110.

15. Лыгина М.А. (2016). Социально-педагогическое сопровождение детей-инвалидов и детей с ОВЗ // Новая наука: Стратегии и векторы развития. № 10-1. С. 43-45.

16. Мелешко В.Г. (2021). Социальные аспекты интеграции детей с ограниченными возможностями здоровья в современные условия жизни общества // Коррекционно-педагогическое образование. №3 (27). С. 45-56.

17. Мубораков Х.М.У. (2021). Современные аспекты организации социальной поддержки детей с ограниченными возможностями здоровья // Сборник статей VI Международного научно-исследовательского конкурса. С. 158-160.

18. Потапова Н.Д. (2024). Дополнительные меры поддержки семей, имеющих детей-инвалидов // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. № 2 (114). С. 163-172.

19. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: https://web.archive.org/web/20160326061657/http://school-collection.edu.ru/about/ (дата обращения: 29.01.2026).

20. Методические рекомендации для специалистов ПМПК. URL: https://clck.ru/3S57ZY (дата обращения: 20.01.2026).

21. Методические стандарты и рекомендации всероссийского центра компетенций в сфере интернет-коммуникаций. URL: https://ruoamga.obr.sakha.gov.ru/metodicheskie-rekomendatsii (дата обращения: 01.02.2026).

22. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 52872-2019. URL: https://clck.ru/3S38ur (дата обращения: 29.01.2026).

23. Портал о семейных центрах Москвы и их услугах. URL: https://clck.ru/3S57yo (дата обращения: 06.02.2026).

24. Руководство по обеспечению доступности веб-контента (Web Content Accessibility Guidelines). URL: https://www.w3.org/TR/WCAG22/ (дата обращения: 06.02.2026).

25. Федеральная государственная информационная система «Федеральный реестр инвалидов». URL: https://sfri.ru (дата обращения: 23.01.2026).

26. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс. URL: https://clck.ru/3S38nW (дата обращения: 08.02.2026).

27. Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» от 24.11.1995 № 181-ФЗ // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/ (дата обращения: 08.02.2026).

Transformation of communicative practices in state support of children with disabilities

Alexandrova J.A., Agula E.Yu.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

In the presented article, communication is examined as a structuring resource of state support for children with disabilities. The scientific novelty of the study lies in conceptualizing digital inclusion as a communicative structure that integrates information flows, regulatory and legal frameworks and ethical standards of interaction. The theoretical frameworks of the humanistic, social, and information-communication foundations of state-provided assistance are elaborated, on the basis of which a holistic communication model is reconstructed on that translates formal guarantees into access to everyday opportunities. It is revealed that the quality, transparency and consistency of dialogue between the state, the professional community and families raising children with diagnosed conditions reduces anxiety and increases trust as well as the effectiveness of joint actions. In practical terms, emphasis is placed on the ethics of digital communications, confidentiality and the development of professional competencies through online courses and interactive trainings in inclusive culture and social support. In conclusion, the authors substantiate reorienting the system of implemented practices toward substantive, value-meaningful communication aimed at the optimal functioning of the fundamental mechanism of a stable inclusive process within the contemporary digital media field.

Keywords: communication, state, disabilities children's, digital environment, social processes, innovative transformations.

References

1. Agula E.Y. (2024). Communication between the state and citizens: transformation of values in the digital age. Communicology: Electronic Scientific Journal. Vol. 9, No. 2. P. 49-67 (in Rus.).
2. Agula E.Y. (2025). Communication strategies for state support of children with disabilities: the conceptual model and methodological ground. Communicology. Vol. 13 No. 4. P. 114-134 (in Rus.).
3. Aleksandrova J.A. (2022). GR-communications tools in the digital environment. Bulletin of the Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics (on line). No. 4. P. 220-232.
4. Aleksandrova N.A. (2007). Economic Efficiency of Education: Concept and Definition Methods. Current Issues in Technical, Economic, Legal, and Social Sciences. Vol. II, Moscow State Industrial University. P. 91-93.
5. Aleksandrova N.A. (2007). Human Capital: Investments and Efficiency of Use. Current Issues in Technical, Economic, Legal, and Social Sciences. Vol. II, Moscow State Industrial University. P. 94-96.
6. Astafyev A.E. (2025). Digital resources to help children with disabilities: digitalization of support for children with intellectual disabilities. Collection of Scientific Articles Based on the Results of the International Scientific Conference, Kemerovo. P. 94-96 (in Rus.).
7. Dorskiy A.Y. (2014). Values in the communication space and communication as a value. Proceedings of the VI Session of the Social and Pedagogical Forum, St. Petersburg. P. 158-159 in Rus.).
8. Galustyan G.M. (2022). Creating a unified educational environment for children with disabilities. Bulletin of scientific conferences. No. 10-4 (86). P. 18-29.
9. Grunt E.V. (2019). Inclusive education in modern Russian schools: the regional aspect. Bulletin of St. Petersburg State University, series: Sociology. Vol. 12. P. 67-81.
10. Kirichek A.I. (2021). Dialogue communications between public authorities and the population: current state and development prospects. Naukosphere. No. 12. P. 100-110.
11. Lygina M.A. (2016). Social and pedagogical support for children with disabilities and children with special needs. New Science: Strategies and Vectors of Development. No. 10-1. P. 43-45 (in Rus.).
12. Meleshko V.G. (2021). Social aspects of the integration of children with disabilities into modern social conditions. Correctional and Pedagogical Education. No. 3 (27). P. 45-56 (in Rus.).
13. Muborakov H.M.U. (2021). Modern aspects of organizing social support for children with disabilities. Collection of Articles of the VI International Scientific Research Competition. P. 158-160 (in Rus.).
14. Potapova N.D. (2024). Additional support measures for families with disabled children. Bulletin of the O.E. Kutafin University. No. 2 (114). P. 163-172.
15. Vartanova E.L., Gladkova A.A. (2021). Digital divide, digital capital, and digital inclusion: the dynamics of theoretical approaches and policy decisions. Moscow State University Bulletin. No. 1. P. 17-29.
16. Vavilova Z.E. (2024). Media inclusion: algorithm for creating an inclusive digital platform model. Proceedings of the III all-Russian scientific and practical conference, Kazan. P. 4-9 (in Rus.).
17. Zazaeva N.B. (2012). Communicative foundations of interaction between the state and society in the modern world. Theory and practice of social development. No. 4. P. 73-75.
18. Zhdanova A.E. (2025). PR specialist in the organization's information security system: communication aspects of risk management (case study of RTRS). Communicology: The Online Scientific Journal. Vol. 10, No. 2. P. 52-62 (in Rus.).
19. Unified Collection of Digital Educational Resources. URL: https://web.archive.org/web/20160326061657/http://school-collection.edu.ru/about/.
20. Methodological recommendations for PMPK specialists. URL: https://clck.ru/3S57ZY.
21. Methodological standards and recommendations of the All-Russian Competence Center in Internet Communications. URL: https://ruoamga.obr.sakha.gov.ru/metodicheskie-rekomendatsii.
22. National Standard of the Russian Federation GOST R 52872-2019. URL: https://clck.ru/3S38ur.
23. Portal about Moscow family centers and their services. URL: https://clck.ru/3S57yo.
24. Web Content Accessibility Guidelines. URL: https://www.w3.org/TR/WCAG22/.
25. Federal State Information System "Federal Register of Disabled Persons". URL: https://sfri.ru.
26. Federal Law "On Personal Data" dated July 27, 2006 No. 152-FZ (latest revision) // ConsultantPlus. URL: https://clck.ru/3S38nW.
27. Federal Law "On Social Protection of Disabled Persons in the Russian Federation" dated 24.11.1995 No. 181-FZ // ConsultantPlus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/.

Развитие системы мотивации персонала в нефтегазовых компаниях на основе теории поколений

Колпаков Павел Александрович
к.э.н., доцент кафедры экономической теории, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, kolpakovp@yandex.ru,

Салионова Полина Александровна
студент, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, polylynaa@gmail.com

Статья посвящена актуальной проблеме развития системы мотивации персонала в российских нефтегазовых компаниях в условиях кадрового дефицита и одновременного присутствия в коллективах представителей четырёх поколений (беби-бумеров, X, Y, Z). На основе эмпирического исследования выявлены ключевые различия в ценностных ориентациях и мотивационных предпочтениях работников разных поколений, занятых в нефтегазовом секторе. Установлено, что при универсальной значимости высокого уровня заработной платы для поколений Z и Y критически важны возможности карьерного роста и гибкий график работы, в то время как для поколений X и беби-бумеров на первый план выходят стабильность, уважение и возможность передачи знаний. Проанализированы лучшие практики российских и зарубежных компаний по управлению мультипоколенческим персоналом. Разработана и предложена к внедрению модель мотивационного конструктора как инструмента персонализации стимулирования, позволяющая сотрудникам самостоятельно формировать индивидуальный набор льгот и компенсаций в пределах установленного бюджета. Обоснована поэтапная процедура внедрения конструктора, ожидаемые эффекты и направления дальнейшей адаптации системы для работы с поколением Альфа.
Ключевые слова: теория поколений, мотивация персонала, нефтегазовая отрасль, поколение Z, кадровый дефицит, мотивационный конструктор.

Кадровый дефицит в российской нефтегазовой отрасли достиг критического уровня [10, 11]. По данным, представленным на заседании комиссии Госсовета по энергетике в 2025 году, средний возраст сотрудников в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) достиг 43 лет, доля молодых специалистов снизилась с 30 до 22%, а 73% работников отрасли старше 36 лет. По оценкам Министерства энергетики Российской Федерации, только до 2030 года необходимо подготовить порядка 300 тысяч специалистов для всего ТЭК – примерно по 50–60 тысяч ежегодно.

Одновременно с этим на рынок труда активно выходит поколение Z (2001–2010 гг. р.), чьи ценностные ориентации и мотивационные предпочтения существенно отличаются от предшествующих поколений. Согласно исследованию компании Б1, 59% компаний нефтегазового сектора на протяжении последних пяти лет наблюдают снижение привлекательности отрасли для работников [12]. Текучесть кадров в отрасли выросла до 14–16%, а уровень укомплектованности штата оценивается в 87%.

Традиционные унифицированные системы мотивации, базирующиеся преимущественно на материальном стимулировании, демонстрируют снижающуюся эффективность. В этой связи возникает объективная потребность в пересмотре подходов к мотивации персонала с учётом поколенческих различий. Теория поколений, разработанная У. Штраусом [7] и Н. Хоувом и адаптированная к российским условиям рядом исследователей, в частности А.А. Литвинюком [9] и В.В. Сологубом, а также Е.М. Шамис, предоставляет концептуальный аппарат для решения этой задачи.

Эволюция теорий мотивации труда

Теоретическое осмысление мотивации труда прошло путь от примитивных представлений об «экономическом человеке» до современных интегративных моделей. Классические содержательные теории (А. Маслоу, Ф. Герцберг, К. Альдерфер) фокусировались на идентификации внутренних потребностей человека [1, 2]. Иерархия потребностей Маслоу и двухфакторная теория Герцберга заложили понимание того, что мотивация не сводится к материальному вознаграждению, а включает широкий спектр социальных и психологических потребностей.

Процессуальные теории (В. Врум, Дж. Адамс, Э. Лок) сместили фокус на когнитивные механизмы выбора поведения [3, 4]. Теория ожиданий Врума объясняет мотивацию через взаимосвязь «усилия – результат – вознаграждение», а теория справедливости Адамса подчёркивает значимость сравнения собственного вклада и вознаграждения с другими работниками.

В конце XX – начале XXI века произошёл сдвиг в сторону изучения внутренних механизмов саморегуляции. Ключевое место занимает теория самодетерминации (Self-Determination Theory) Э. Деси и Р. Райана, согласно которой удовлетворение базовых психологических потребностей в автономии, компетентности и связанности является необходимым условием для поддержания внутренней мотивации [5]. Однако классические теории не учитывают в полной мере два мощных фактора, трансформировавших трудовую среду в последние десятилетия: цифровую трансформацию и возрастание роли ESG-приоритетов. Именно из тренда на персонализацию и учёт индивидуальных различий закономерно вытекает необходимость обращения к поколенческому подходу.

Теория поколений как аналитический инструмент

Основоположником поколенческой теории считается немецкий социолог Карл Мангейм, который в 1928 году в эссе «Проблема поколений» предложил рассматривать поколения как сообщества, объединённые общим опытом значимых исторических событий, пережитых в формирующие годы [6]. Наибольшую известность теория получила благодаря работам У. Штрауса и Н. Хоува, предложивших циклическую модель смены поколений (архетипы Пророка, Странника, Героя и Художника) [7].

В российской управленческой практике применяется периодизация, учитывающая национальную специфику, что нашло отражение в исследованиях А.А. Литвинюка и М.В. Ефимовой [9]. В настоящее время в российском ТЭК сосуществуют представители четырёх поколений:

- Беби-бумеры (1946–1964 гг. р.) – сформированы в эпоху послевоенного подъёма, ценят стабильность, лояльность, иерархию;

- Поколение X (1965–1983 гг. р.) – выросли в период экономической нестабильности, самостоятельны, прагматичны, ориентированы на результат.;
- Поколение Y, миллениалы (1984–2000 гг. р.) – первое цифровое поколение, ценят саморазвитие, обратную связь, гибкость;
- Поколение Z (2001–2010 гг. р.) – «цифровые аборигены», выросли со смартфонами и доступом в интернет с раннего детства, ценят скорость, визуальную коммуникацию, миссию компании.

Теория поколений сохраняет прикладную ценность как эвристический инструмент, позволяющий выявлять общие тенденции в ценностных ориентациях различных возрастных когорт, при условии отказа от жёсткого детерминизма и учёта индивидуальных особенностей каждого работника.

Эмпирическое исследование мотивационных предпочтений поколений X, Y, Z в нефтегазовых компаниях

Для верификации теоретических положений и выявления актуальных мотивационных паттернов было проведено собственное эмпирическое исследование. Инструментом сбора первичной информации выступила анонимная онлайн-анкета, разработанная на основе типовых методик оценки мотивации персонала, используемых в кадровом аудите и HR-аналитике. Анкета включала закрытые вопросы с множественным выбором, шкалы приоритетов (от 1 до 5) и открытые вопросы для сбора качественных данных. Сбор данных осуществлялся в декабре 2025 года с использованием механизмов распределённого анкетирования. Анкета была направлена в профессиональные сообщества, отраслевые студенческие чаты и кадровые каналы, ориентированные на работников и соискателей в сфере нефтегазового комплекса и смежных отраслях ТЭК. Участие было добровольным и анонимным, что позволило снизить риск социально желательных ответов и повысить достоверность результатов.

Общее число анкет, принятых к обработке после очистки от неполных и технически некорректных, составило 50. Распределение по поколенческим группам: поколение Z (2001–2010 гг. р.) – 15 чел., поколение Y (1984–2000 гг. р.) – 15 чел., поколение X (1965–1983 гг. р.) – 11 чел., беби-бумеры (1946–1964 гг. р.) – 9 чел. В каждой группе представлены как действующие сотрудники, так и соискатели (включая студентов). Выборка сбалансирована по полу, охватывает различные должностные категории и уровни стажа (от отсутствия опыта до более 25 лет).

Ввиду относительно небольшого объёма выборки полученные данные следует рассматривать как пилотное исследование, однако внутренняя согласованность ответов внутри поколенческих групп, а также корреляция с данными более масштабных опросов, проведённых Русской школой управления, Coleman Group и компанией HeadHunter, свидетельствуют о валидности выявленных паттернов.

Анализ ответов респондентов показал устойчивые различия в мотивационных приоритетах между поколенческими группами. Для поколения Z (2001–2010 гг. р.) наиболее значимыми факторами являются высокий уровень дохода (83% респондентов), возможность карьерного роста (67%), гибкий график или удалённая работа (67%), а также участие в инновационных и технологичных проектах (60%). Поколение Y (1984–2000 гг. р.) также в первую очередь ориентировано на высокий доход (80%), но второе и третье места делят стабильность и гарантия занятости (53%), карьерный рост (47%) и регулярная обратная связь от руководителя (47%). Для поколения X (1965–1983 гг. р.) приоритетами выступают доход (73%), стабильность (64%), возможность передавать знания и выступать в роли наставника (45%), а также уважение со стороны коллег и руководства, основанное на опыте (36%). Беби-бумеры (1946–1964 гг. р.) на первое место ставят стабильность и гарантию занятости (78%), затем следуют доход (67%), ощущение смысла и значимости труда (56%) и возможность выступать в роли наставника (33%). Таким образом, универсальным мотиватором для всех поколений является высокий уровень заработной платы, однако структура дополнительных приоритетов существенно дифференцирована: молодёжь ориентирована на развитие и гибкость, старшие поколения – на стабильность, уважение и передачу знаний.

Если обратиться к выборке по предпочтительным форматам карьерного роста, то поколения Z и Y ориентированы на вертикальный рост (53% и 60% соответственно), в то время как поколение X и беби-бумеры предпочитают стабильность на текущем месте (45% и 56%) и роль наставника (18% и 33%). Горизонтальный рост и проектная деятельность более привлекательны для молодёжи.

Базовая заработная плата имеет наивысший приоритет для всех поколений (средний балл от 4,5 до 4,9 по 5-балльной шкале). Ежегодные бонусы за ключевые показатели эффективности более значимы для поколений Y и X (4,3 и 4,0), чем для поколения Z (3,9) и беби-бумеров (3,6). Полный социальный пакет и пенсионные программы ожидаемо набирают вес с возрастом (от 2,9 у поколения Z до 4,0 у беби-бумеров). Компенсационный пакет (добровольное медицинское страхование, питание, транспорт) наиболее важен для поколения Y (3,8).

Уважение со стороны руководства – самый сильный нематериальный мотиватор для всех поколений (40–78% респондентов). Гибкий график и удалённая работа критичны для поколений Z (67%) и Y (60%), важны для поколения X (55%) и менее значимы для беби-бумеров. Возможность участвовать в инновационных проектах востребована у поколений Z (60%) и Y (47%), тогда как для поколений X и беби-бумеров значима роль наставника (45% и 56%).

Большинство респондентов (53–78% в зависимости от поколения) воспринимают ESG-повестку как «достаточно важный, но не ключевой фактор». При этом анализ ответов показывает, что интерес к конкретным составляющим ESG существенно дифференцирован по поколенческим когортам. Для беби-бумеров (22% считающих повестку «очень важной») приоритетное значение имеет традиционная социальная ответственность: поддержка ветеранов, развитие социальной инфраструктуры в регионах присутствия, забота о бывших работниках. Поколение X (9% «очень важна») также ориентировано преимущественно на социальный блок, но с акцентом на стабильность и социальные гарантии для себя и семьи. Поколение Y (7% «очень важна») проявляет умеренный интерес к экологической составляющей (снижение углеродного следа, ответственное потребление), тогда как поколение Z (13% «очень важна») в равной степени обращает внимание и на экологические, и на социальные аспекты, однако ни для одной из групп ESG-факторы не выходят на первый план при выборе работодателя.

Геймификация рабочих процессов, предполагающая использование игровых механик (системы баллов, рейтингов, достижений, соревновательных элементов) для повышения вовлечённости персонала, поддерживается лишь половиной поколения Z (47% положительных ответов). В поколениях Y, X и беби-бумеров преобладает нейтральное или отрицательное отношение к данному инструменту. Одной из ключевых причин такого положения является недостаточное понимание сущности геймификации, её механизмов и потенциальных преимуществ. Большинство работников российских компаний сталкивались лишь с примитивными формами игрофикации (например, с элементарными рейтингами продаж или формальными системами начисления баллов), которые не демонстрируют всей глубины и вариативности подхода. Между тем в мировой и отечественной практике существуют успешные примеры платформенных решений: от мобильных приложений с квестами и виртуальными наставниками до корпоративных симуляторов и систем достижений, интегрированных с реальными карьерными треками (как, например, проект «Навигатор карьеры» в ИТ-кластере «Газпром нефти») [15]. Отсутствие качественных кейсов, методических материалов и программ обучения по внедрению геймификации в организациях топливно-энергетического комплекса формирует у работников скептическое отношение и восприятие этого инструмента как несерьёзного или малополезного. В связи с этим актуальной задачей для российских компаний становится популяризация геймификации: проведение обучающих семинаров и вебинаров, демонстрация работающих отечественных и зарубежных платформ, пилотирование игровых механик в отдельных подразделениях с последующей оценкой эффективности. Только при условии разъяснения принципов действия, прозрачности правил и видимой связи между игровыми достижениями и реальными карьерными или материальными результатами геймификация сможет раскрыть свой потенциал и перестать восприниматься как чуждый или малопонятный элемент корпоративной культуры.

Наиболее востребованной опцией для всех поколений оказались дополнительные дни к отпуску (67–73% респондентов). При этом оплата обучения и приобретение техники являются приоритетом для поколений Z и Y, тогда как оплата добровольного медицинского страхования для членов семьи, дополнительные пенсионные взносы и санаторно-курортное лечение значимы прежде всего для поколений X и беби-бумеров. Столь выраженная дифференциация запросов в зависимости от возраста, семейного положения и жизненного цикла сотрудника указывает на необходимость перехода от унифицированного социального пакета к более гибкому инструменту, позволяющему каждому работнику самостоятельно формировать индивидуальный набор льгот.

Мотивационный конструктор

Обобщение результатов эмпирического исследования позволяет предложить практический инструмент для персонализации стимулирования – мотивационный конструктор. Под ним понимается гибкая система выбора сотрудником индивидуального набора материальных и нематериальных стимулов (льгот, бонусов, программ развития) из заранее

определённого корпоративного перечня в пределах установленного бюджета. В отличие от унифицированного социального пакета, конструктор позволяет каждому работнику – в зависимости от возраста, семейного положения, стажа, поколенческой принадлежности – скомпоновать именно те опции, которые для него наиболее значимы.

Внедрение конструктора предлагается осуществлять в шесть последовательных этапов. На первом этапе проводится диагностика актуального состояния мотивационной среды: анализ текущей системы оплаты труда и социального пакета, сбор статистики по текучести кадров в разрезе возрастных групп, анкетирование сотрудников для выявления приоритетов. На втором этапе на основе полученных результатов формируется корпоративное «меню» опций, сгруппированных по тематическим блокам: «Отдых и здоровье» (дополнительные дни отпуска, санаторно-курортное лечение, добровольное медицинское страхование для семьи, абонемент в спортзал), «Развитие и карьера» (оплата курсов, участие в конференциях, наставничество, покупка техники), «Финансовая безопасность» (повышение пенсионных взносов, корпоративная кредитная карта, опционы на акции), «Гибкость и комфорт» (частичная удалённая работа, гибкий график, компенсация транспорта). Устанавливается годовой бюджет конструктора на одного сотрудника (например, 5–10% от годового фонда оплаты труда).

Третий этап – пилотное внедрение в одном или нескольких подразделениях (например, в IT-кластере. Четвёртый этап – оценка эффективности пилота: повторное анкетирование, анализ изменения вовлечённости и текучести, выявление наименее востребованных опций. Пятый этап – масштабирование на всю компанию с учётом территориальной специфики (для вахтовых объектов – компенсация проезда и проживания). Шестой этап – постоянный мониторинг и ежегодная актуализация перечня опций в соответствии с изменением потребностей сотрудников. Выбор опций предлагается осуществлять при поступлении на работу (на ближайшие три года) и раз в три года для действующих сотрудников в «окне пересмотра» – такой интервал достаточен для отражения значимых жизненных изменений (создание семьи, рождение детей, выход на пенсию), но не создаёт избыточной нагрузки на HR-отдел.

Ожидаемое повышение мотивации обосновывается тремя группами факторов. Во-первых, согласно теории самодетерминации Э. Деси и Р. Райана [5], удовлетворение потребности в автономии (возможность выбора) напрямую повышает внутреннюю мотивацию. Во-вторых, персонализация позволяет учесть реальные, а не усреднённые потребности, снижая неудовлетворённость от получения невостребованных льгот. В-третьих, вовлечение сотрудников в процесс выбора повышает их лояльность и восприятие компании как «своей».

Социальная значимость модели заключается в снижении текучести кадров и сохранении рабочих мест в удалённых регионах, поддержке сотрудников на разных этапах жизненного цикла (молодые семьи, предпенсионеры), снижении субъективизма при распределении бонусов. Конструктор может включать опции, связанные с ESG-повесткой (волонтёрство, благотворительность), что отвечает запросам поколений Y и Z.

Наконец, при проектировании конструктора необходимо учитывать приближение поколения Альфа (родившиеся с 2010 г.), первые представители которого уже начинают входить в трудовые отношения. По прогнозам М. Маккриндла [8], для них будут характерны полная интеграция с искусственным интеллектом, гиперперсонализация (возможность менять набор льгот в реальном времени), смещение ценности от материальных благ к впечатлениям и высокая восприимчивость к геймификации. Уже сейчас компаниям ТЭК целесообразно закладывать в конструктор модульную архитектуру, позволяющую добавлять новые опции и каналы взаимодействия по мере взросления поколения Альфа.

Российские и зарубежные практики

В российской практике накоплен значительный опыт учёта поколенческих различий при построении систем мотивации, что подтверждается примерами крупнейших компаний отрасли. ПАО «Газпром нефть» внедрило в ИТ-кластере проект «Навигатор карьеры» – геймифицированный инструмент, визуализирующий вертикальные, горизонтальные и кросс-функциональные карьерные траектории в формате игрового сценария [15]. Проект решает проблему непонимания сотрудниками (более 25% не видели альтернатив вертикальному росту) доступных путей развития. В компании также действует программа признания с внутренней валютой.

ПАО «НК «Роснефть» делает ставку на раннюю профориентацию через сеть «Роснефть-классов» и ежегодную научно-техническую конференцию молодых специалистов. В юбилейной XX конференции (2025 г.) участвовали более 600 молодых специалистов из 77 предприятий; внедрение 31 проекта принесло экономический эффект свыше 780 млн рублей. Программа «Энергия жизни» охватила в 2025 году более 134 тыс. сотрудников; производительность труда выросла на 8%. ПАО «Транснефть» делает акцент на системном наставничестве как ключевом элементе кадровой политики, обеспечивающем преемственность поколений. Молодёжь до 35 лет составляет более 30 тыс. из 126 тыс. сотрудников компании. ПАО «Лукойл» создало цифровую платформу развития сотрудников (совместно с VK и Rostalent), объединяющую более 70 организаций. Система позволяет разрабатывать индивидуальные планы компетенций и карьерные траектории, что важно для поколения Z. Компания также использует опционную программу (около 17,3 млн акций).

Анализ зарубежной практики также выявляет интересные подходы к управлению мультипоколенческим персоналом. Согласно данным Международного энергетического агентства, рост рабочих мест в мировой энергетике в 2024 году составил 2,2% (почти вдвое выше общемирового), численность занятых достигла 76 млн человек [13]. Однако, по данным Global Energy Talent Index 2026, доля работников старше 45 лет в традиционной энергетике достигла 48%, а возрастной группы 25–34 лет – сократилась до 19% [14]. Shell перешла к гиперперсонализированной платформе управления опытом сотрудника, позволяющей каждому работнику получать только релевантный контент. Компания внедрила программы раннего вовлечения молодёжи через стажировки и партнёрство с университетами, а также инициативы по повышению цифровой грамотности. BP реформировала систему стимулирования: 25% лучших сотрудников получают премию 150% от базовой, 10% худших могут лишиться бонуса. Внедрены персональные оценочные карты и учащены сессии обратной связи. Siemens Energy сосредоточилась на внутренней мотивации, создавая среду доверия и психологической безопасности, поощряющую самореализацию и осознание цели. Это созвучно ценностям поколения Z, для которых осмысленность работы важнее размера оплаты.

Заключение

Проведённое исследование подтверждает, что эффективное управление персоналом в нефтегазовой отрасли в условиях кадрового дефицита требует перехода от унифицированных систем мотивации к гибким, персонализированным моделям, учитывающим поколенческие различия. Эмпирически установлено, что при сохранении универсального ядра мотиваторов (высокая заработная плата, стабильность, уважение) существуют устойчивые различия в приоритетах: поколения Z и Y ориентированы на карьерный рост, гибкость и инновации, тогда как поколения X и беби-бумеры ценят стабильность, передачу знаний и социальные гарантии.

Анализ корпоративных практик российских и зарубежных компаний показывает, что отрасль находится на этапе активного поиска эффективных моделей взаимодействия с мультипоколенческим персоналом – от геймифицированных карьерных навигаторов и научно-технических конференций («Газпром нефть», «Роснефть») до гиперперсонализированных платформ и дифференцированных бонусных систем (Shell, BP).

Предложенная модель мотивационного конструктора, базирующаяся на эмпирически подтверждённых поколенческих предпочтениях и поэтапной процедуре внедрения, способна повысить эффективность системы стимулирования персонала в российских нефтегазовых компаниях, снизить текучесть кадров и обеспечить готовность к работе с будущими поколениями работников, включая поколение Альфа.

Перспективы дальнейших исследований связаны с апробацией модели мотивационного конструктора на более широкой выборке, разработкой методики количественной оценки экономической эффективности внедрения, а также углублённым изучением мотивационных паттернов поколения Альфа, первые представители которого уже входят в трудовые отношения.

Литература

1. Маслоу А. Мотивация и личность / А. Маслоу ; пер. с англ. – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2019. – 400 с.

2. Герцберг Ф. Мотивация к работе / Ф. Герцберг, Б. Моснер, Б. Снайдерман; пер. с англ. – М. : Вершина, 2007. – 240 с.

3. Врум В. Работа и мотивация / В. Врум ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2020. – 512 с.

4. Адамс Дж. С. Теория справедливости / Дж. С. Адамс // Управление человеческими ресурсами : хрестоматия / под ред. М. Пула, М. Уорнера. – СПб. : Питер, 2012. – С. 245–256.

5. Деси Э. Теория самодетерминации и поддержка внутренней мотивации / Э. Деси, Р. Райан // Психология мотивации: классические и современные подходы. – М. : Когито-Центр, 2021. – С. 189–220.

6. Мангейм К. Проблема поколений / К. Мангейм // Мангейм К. Избранное: Диагноз нашего времени. – М. : РАН, 1994. – С. 443–480.

7. Strauss W. Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069 / W. Strauss, N. Howe. – New York : William Morrow & Company, 1991. – 538 p.

8. McCrindle M. Generation Alpha: Understanding the Next Generation of Students and Employees / M. McCrindle. – Sydney : McCrindle Research, 2021. – 150 p.

9. Литвинюк А.А. Особенности мотивации карьерного развития поколения Z и их влияние на HR-менеджмент / А.А. Литвинюк, В.В. Сологуб // 1economic.ru. – 2025. – DOI: 10.18334/1economic.2025.00001.

10. Исламов Д. Выступление на панельной дискуссии «Развитие человеческого капитала и кадровое обеспечение отраслей ТЭК» / Д. Исламов // Российская энергетическая неделя – 2025 : стенографический отчёт. – М., 2025.

11. Павел Завальный: Нефтегазовая отрасль входит в острую фазу кадрового голода: видеоконференция «Единая кадровая система ТЭК: координация государства, бизнеса и образования» // ИА «Недра России». – 2025.

12. Исследование Б1: анализ кадрового дефицита в нефтегазовой отрасли. – М. : Б1, 2025. – 48 с.

13. World Energy Employment 2025 : report / International Energy Agency (IEA). – Paris : IEA Publications, 2025. – 210 p. – URL: https://www.iea.org (дата обращения: 20.05.2026).

14. Global Energy Talent Index Report 2026 : analysis of workforce trends / GETI. – London : Airswift, 2026. – 98 p. – URL: https://www.getireport.com (дата обращения: 20.05.2026).

15. «Навигатор карьеры» – игровой сценарий развития в ИТ-кластере «Газпром нефти». – Текст : электронный // thehrd.ru. – 2025. – 26 мая. – URL: https://thehrd.ru (дата обращения: 20.05.2026).

Developing a Personnel Motivation System in Oil and Gas Companies Based on Generational Theory

Kolpakov P.A., Salionova P.A.
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article addresses the pressing issue of developing a personnel motivation system in Russian oil and gas companies facing a personnel shortage and the simultaneous presence of representatives of four generations (baby boomers, Generations X, Y, and Z). An empirical study identifies key differences in the value orientations and motivational preferences of workers of different generations employed in the oil and gas sector. It is established that, while high salaries are universally important, Generations Z and Y prioritize career advancement opportunities and flexible work schedules, while Generation X and Baby Boomers prioritize stability, respect, and the ability to share knowledge. Best practices from Russian and international companies in managing multigenerational personnel are analyzed. A motivational designer model is developed and proposed for implementation as a tool for personalizing incentives, allowing employees to independently create a personalized set of benefits and compensation within the established budget. A step-by-step implementation procedure for the designer, along with the expected effects and directions for further adaptation of the system for working with Generation Alpha, is substantiated.

Keywords: generational theory, personnel motivation, oil and gas industry, generation Z, personnel shortage, motivational designer.

References

1. Maslow A. Motivation and Personality / A. Maslow. – 3rd ed. – St. Petersburg : Piter, 2019. – 400 p.
2. Herzberg F. The Motivation to Work / F. Herzberg, B. Mausner, B. Snyderman. – Moscow : Vershina, 2007. – 240 p.
3. Vroom V. Work and Motivation / V. Vroom. – Moscow : Williams, 2020. – 512 p.
4. Adams J.S. Equity Theory / J.S. Adams // Human Resource Management: A Reader / ed. by M. Pool, M. Warner. – St. Petersburg : Piter, 2012. – P. 245–256.
5. Deci E. Self-Determination Theory and Support of Intrinsic Motivation / E. Deci, R. Ryan // Psychology of Motivation: Classical and Modern Approaches. – Moscow : Kogito-Tsentr, 2021. – P. 189–220.
6. Mannheim K. The Problem of Generations / K. Mannheim // Mannheim K. Selected Works: Diagnosis of Our Time. – Moscow : Russian Academy of Sciences, 1994. – P. 443–480.
7. Strauss W. Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069 / W. Strauss, N. Howe. – New York : William Morrow & Company, 1991. – 538 p.
8. McCrindle M. Generation Alpha: Understanding the Next Generation of Students and Employees / M. McCrindle. – Sydney : McCrindle Research, 2021. – 150 p.
9. Litvinyuk A.A. Features of Career Development Motivation of Generation Z and Their Impact on HR Management / A.A. Litvinyuk, V.V. Sologub // 1economic.ru. – 2025. – DOI: 10.18334/1economic.2025.00001.
10. Islamov D. Speech at the Panel Discussion "Development of Human Capital and Staffing of the Fuel and Energy Complex Sectors" / D. Islamov // Russian Energy Week 2025: Verbatim Report. – Moscow, 2025.
11. Pavel Zavalny: The Oil and Gas Industry Enters an Acute Phase of Personnel Shortage : videoconference "Unified Personnel System of the Fuel and Energy Complex: Coordination of the State, Business and Education" // IA "Nedra Rossii". – 2025.
12. B1 Study: Analysis of Personnel Shortage in the Oil and Gas Industry. – Moscow : B1, 2025. – 48 p.
13. World Energy Employment 2025 : report / International Energy Agency (IEA). – Paris : IEA Publications, 2025. – 210 p. – URL: https://www.iea.org (accessed: 20.05.2026).
14. Global Energy Talent Index Report 2026 : analysis of workforce trends / GETI. – London : Airswift, 2026. – 98 p. – URL: https://www.getireport.com (accessed: 20.05.2026).
15. Career Navigator – a Game Scenario for Development in the IT Cluster of Gazprom Neft. – Text : electronic // thehrd.ru. – 2025. – 26 May. – URL: https://thehrd.ru (accessed: 20.05.2026).

Сопротивление персонала как препятствие к проведению организационных изменений в организации

Балакирева Светлана Михайловна
Кандидат экономических наук, доцент, кафедра менеджмента и маркетинга, Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации, svetlana_balakireva@vavt.ru

Аксенова Елена Владимировна
старший преподаватель, кафедра английского языка №4, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, aksenovaevl@mail.ru

В статье исследуется проблема сопротивления персонала при проведении организационных изменений в современных экономических условиях, характеризующихся высокой нестабильностью внешней среды и динамичностью рыночных отношений. Авторы анализируют теоретические подходы к определению ключевых понятий: организационные изменения, человеческие ресурсы, персонал и сопротивление изменениям, рассматривая различные научные трактовки этих терминов. Особое внимание уделяется классификации уровней сопротивления и механизмам его проявления.
Исследование включает анализ ряда аспектов сопротивления. На практическом примере российской компании демонстрируются причины возникновения сопротивления при внедрении организационных изменений, а также методы их преодоления. Авторы предлагают системный подход к управлению сопротивлением изменениям со стороны персонала компании.
Новизна исследования заключается в комплексном рассмотрении феномена сопротивления персонала и разработке практических рекомендаций по его минимизации. Результаты работы представляют практическую ценность для руководителей организаций, позволяя эффективно планировать и реализовывать трансформационные процессы. Предложенные авторами инструменты управления сопротивлением могут быть адаптированы для использования в компаниях различного масштаба и отраслевой принадлежности, что делает исследование актуальным для широкого круга специалистов в области управления изменениями.
Ключевые слова: организационные изменения, сопротивление персонала, управление изменениями, человеческий фактор, трансформация организации, корпоративная культура.

В условиях функционирования экономических субъектов, характеризующихся высокой нестабильностью внешней среды и динамичности рыночных отношений, императивом развития любой организации становится непрерывная реализация организационных изменений, направленных на повышение эффективности операционной деятельности.

Процесс введения организационных изменений требует комплексной подготовительной работы, включающей: детальное стратегическое планирование мероприятий по реализации изменений; прогнозирование потенциальных последствий трансформационных процессов; идентификацию и минимизацию факторов сопротивления изменениям и разработку механизмов нивелирования возможных рисков.

Сотрудники могут сопротивляться осуществлению организационных изменений, что требует комплексного подхода к выявлению типа сопротивления. И поэтому необходимо уделить внимание ключевым определениям, а именно: организационные изменения; человеческие ресурсы; персонал и сопротивление изменениям.

Рассматривая определения понятия «организационные изменения», можно выделить ряд трактовок. В. Барнетт и Г. Кэрролл определяют организационные изменения как трансформацию организационной системы между двумя временными точками, акцентируя внимание на динамическом характере процесса [2, с. 220]. Функциональный подход, представленный Э. Фламгольцем и И. Рэндлом, рассматривает организационные изменения как модификацию производственных процессов и методов деятельности компании в результате целенаправленных управленческих воздействий [14, с. 115]. Комплексный подход Г. Хубера, В. Глика, К. Миллера и К. Сутклиффа интегрирует различные аспекты организационных изменений, охватывая трансформацию функциональных процессов, структурного состава, лидерских позиций, формальных характеристик и ресурсного распределения [13, с. 257]. Инновационный подход Р. Дафта фокусируется на внедрении новых идей и поведенческих паттернов как характеристике организационных изменений [4, с. 535]. Системный подход Л.М. Божко определяет организационные изменения как модификацию характеристик отдельных элементов или организации в целом в течение определенного временного периода [3, с. 81]. На этапе осуществления организационных изменений важным аспектом является определение изменения функционала (в том числе появление нового) с дальнейшим выявлением потенциала сотрудников с целью прогнозирования факторов возможного сопротивления.

На основании проведенного анализа представляется возможным сформулировать следующее определение: организационные изменения – это системная трансформация структурно-функциональных характеристик организации, проявляющаяся в модификации её элементов, процессов, структур и поведенческих паттернов в результате целенаправленных управленческих воздействий и направленная на повышение эффективности функционирования в условиях изменяющейся внешней среды.

В современных условиях особую актуальность приобретает исследование сущности термина «человеческие ресурсы». По мнению Щекина Г.В., понятие «человеческие ресурсы» отражает качественную, содержательную характеристику кадрового состава или всего персонала предприятия, а также рабочей силы и трудовых ресурсов на разных уровнях: отраслевом, территориальном, региональном и государственном [15, с. 151]. Наумова Е.Ю. рассматривает человеческие ресурсы как совокупность людей с их физическими и умственными способностями, которые могут быть задействованы как производственный ресурс для повышения эффективности экономической системы [12, с. 101]. Максимцев И.А. и Горелов Н.А. понимают под человеческими ресурсами трудоспособное население, то есть материальную основу человеческого потенциала, отражающего уровень развития физических и духовных способностей человека [11, с. 327].

Авторы предлагают к использованию следующую формулировку определения: человеческие ресурсы являются целостной системой интеллектуальных, профессиональных, физических и духовных способностей человека, которые потенциально могут быть использованы в трудовой деятельности для достижения целей экономической системы различного уровня (от организации до государства), характеризующаяся способностью к развитию, воспроизводству и приносящая доход при эффективном использовании.

В научной литературе существует несколько подходов к определению категории «персонал». М.А. Карасев определяет персонал как совокупность всех сотрудников предприятия, включая занятых в организации лиц. При этом в состав персонала могут входить и собственники предприятия, если они выполняют производственные или управленческие функции [5, с. 4]. А. Я. Кибанов и Л. Н. Кибанова дают наиболее общее определение: персонал – это совокупность всех работников предприятия, объединённых в профессиональные и социальные группы. Такие группы характеризуются как качественными показателями (компетентность, квалификация, профессионализм), так и количественными параметрами (численность, баланс работников по категориям) [6, с. 75].

Ю.П. Кокин рассматривает персонал как основной состав квалифицированных работников организации, обладающих необходимыми компетенциями для осуществления профессиональной деятельности и достижения ее целей [8, с. 407]. В. И. Кнорринг отмечает, что персонал представляет собой совокупность работников организации, объединённых в формальные и неформальные группы. Эти работники обладают определёнными качественными характеристиками (образование, опыт, навыки) и выполняют конкретные производственные функции [7, с. 310]. Н. А. Горелов считает, что персонал – это совокупность работников организации, которая характеризуется численностью и структурой по различным признакам (возраст, стаж, образование), а также профессиональными компетенциями и мотивацией к достижению организационных целей [16, с. 163].

Анализ различных подходов к определению персонала позволяет выделить ключевые характеристики данной категории: это совокупность работников организации; они объединены в различные группы; обладают определенными качественными и количественными характеристиками; способны к развитию и достижению организационных целей.

Таким образом, персонал – это конкретные работники определенной организации, а человеческие ресурсы – более широкое понятие, включающее социокультурные характеристики и личностно-психологические свойства людей (наличие эмоций и интеллекта, способность к развитию, осуществление целенаправленной деятельности).

Понятие «персонал» отражает потенциал развития и использования человеческого фактора в организации. С точки зрения сопротивления организационным изменениям, персонал проявляет сопротивление через формальные механизмы (жалобы, отказы, саботаж), реагирует на изменения на уровне отдельных должностей, сопротивление проявляется в рамках существующих должностных инструкций и управляется преимущественно административными методами. Человеческие ресурсы проявляют сопротивление через неформальные каналы и коллективные действия, реагируют на изменения комплексно, сопротивление связано с изменением системы ценностей и интересов и требуют более гибкого подхода. Кроме того, персонал – пассивный объект изменений, а человеческие ресурсы – активный участник процесса преобразований. Сопротивление персонала чаще носит защитный характер, а сопротивление человеческих ресурсов может быть конструктивным и направленным на оптимизацию изменений. Эффективное управление сопротивлением возможно только при переходе от работы с персоналом к управлению человеческими ресурсами, когда учитываются их потенциал, мотивация, ценности и интересы.

Существует несколько подходов к определению сопротивления изменениям. И. Ансофф рассматривает сопротивление изменениям как «многоликий феномен, вызывающий неожиданные отсрочки, непредусмотренные затраты и нестабильность в процессе внедрения стратегических перемен» [1, с. 305]. Г.Р. Латфуллина, О.Н. Громова и А.В. Райченко трактуют сопротивление изменениям как «любые поступки работников, направленные на дискредитацию или противодействие осуществлению перемен в организации» [10, с. 183]. Ю.Н. Лапыгин определяет сопротивление изменениям как «проблемы, возникающие при проведении изменений как следствие непродуманных действий руководителей в отношении членов трудового коллектива» [9, с. 165].

Можно предложить следующее определение: сопротивление изменениям является комплексной реакцией персонала организации на вводимые преобразования, проявляющейся в виде противодействия, нестабильности и дополнительных затрат, возникающей как следствие естественной реакции сотрудников на перемены или непродуманных действий руководства при внедрении нововведений.

Как правило, сопротивление изменениям может возникать на трех уровнях: на организационном, групповом и личностном уровнях.

Сопротивление изменениям на уровне организации представляет собой комплексную систему барьеров и противодействующих механизмов, возникающих при внедрении трансформационных процессов в структуре организации, характеризующуюся системным характером, взаимосвязью различных компонентов, влиянием на все уровни организации и необходимостью комплексного подхода к преодолению, включающую структурные барьеры, обусловленные сложностью существующей организационной структуры.

Схема 1. Уровни сопротивления изменениям
Источник: составлено авторами

Групповое сопротивление изменениям является коллективной формой противодействия трансформациям, более интенсивная и устойчивая, чем индивидуальное сопротивление. Оно возникает из-за формирования в группе единой «модели реальности» и восприятия изменений как угрозы власти, нормам взаимодействия и групповой идентичности. Механизм формирования включает выработку консенсуса, консолидацию участников, укрепление через неформальные коммуникации и поддержку лидеров, что приводит к созданию защитной коалиции. Проявления сопротивления: распространение слухов, создание групп противодействия, коллективный саботаж, консолидация сотрудников и атмосфера неопределённости, затрудняющая адаптацию. Преодолеть его удаётся лишь сочетанием ряда мер. Здесь подразумевается работа с лидерами мнений, прозрачность процесса и своевременное информирование коллектива, вовлечение сотрудников в проектирование преобразований, внимание к групповым нормам и ценностям. Опорой служат обучение, консультации и поэтапное внедрение нововведений.

На личностном уровне сопротивление чаще всего происходит на фоне эмоциональной сфере, а не на фоне рационального мышления. В его основе лежат страх утратить статус, опасение потерпеть неудачу и сомнения в собственных силах. Личностные установки складываются годами, поэтому и их изменение происходит медленно. Психологическая защита здесь принимает разные формы: от отрицания и нежелания замечать информацию до открытого противодействия. Само сопротивление обычно проявляется в трёх формах. Пассивная форма сводится к саботажу, затягиванию процессов и падению эффективности работы; активная форма выражается в открытом противостоянии и критике нововведений; скрытая форма опирается на негативные слухи и нагнетание неуверенности. Работа с таким сопротивлением невозможна без индивидуального подхода и понимания психологических механизмов, которые за ним стоят.

Неготовность персонала к переменам складывается из нескольких связанных между собой аспектов. С когнитивной стороны сказываются нехватка информации и размытое понимание целей преобразований, что формирует негативное отношение к ним. Психологическая составляющая состоит в страхе перед неизвестностью и возможными потерями, которые и провоцирует активное сопротивление. На уровне поведения проявляются инертность и привязанность к привычным рабочим практикам: они мешают приспособиться к новым условиям и отойти от устоявшихся моделей действий. Наконец, организационный аспект — это сложившиеся социальные нормы и структуры власти, возводящие серьёзные барьеры на пути изменений.

Рассмотрев вышеуказанные аспекты в совокупности, можно составить целостную картину механизмов сопротивления персонала организационным изменениям и определить главные направления работы по его преодолению.

С тем, что главным препятствием на пути организационных изменений оказываются именно человеческие ресурсы, сталкиваются многие компании, в том числе малый и средний бизнес. Ярким примером может послужить ситуация в компании ТК «Нижтекстиль», основной деятельностью которой является производство и оптовая продажа средств индивидуальной зашиты и спецодежды. При внедрении CRM-системы на первом этапе компания столкнулась с непониманием и возражением со

стороны действующих сотрудников. Ранее в компании отмечалось отсутствие системы в работе сотрудников, периодические случаи утери данных, соответственно, внедрение CRM-системы стало необходимым шагом. Реакция сотрудников на первом этапе внедрения системы была отрицательной, они считали, что руководство компании вводит систему не с целью улучшения операционной деятельности, а для усложнения их работы и введения новых должностных обязанностей, исполнение которых станет обременительным для сотрудников. Сопротивление было полностью нивелировано, так как были решены две коренные проблемы: непонимание необходимости внедрения и страх перед трудностью работы в новой для сотрудников программе. Совещания, где были приведены успешные кейсы и преимущества работы в программе помогли устранить непонимание внедрения системы, а страх удалось преодолеть с помощью заключения договора с компанией-интегратором и проведения полного обучения.

Страх перед изменениями стал ключевым фактором сопротивления. Сотрудники опасались усложнения рабочих процессов; появления дополнительных обязанностей; потери привычных рабочих шаблонов и неспособности освоить новую систему. Приверженность устоявшимся практикам проявилась в неготовности персонала к изменениям, несмотря на очевидные проблемы в работе (отсутствие системы, утерю данных). Из-за сложившейся корпоративной культуры и организационной структуры возникли существенные барьеры для внедрения изменений. Среди них можно выделить: недоверие персонала к управленческим решениям, слабую коммуникацию между руководством и сотрудниками, отсутствие механизмов поддержки при реализации изменений и недостаточную проработку вопросов сопротивления со стороны неформальных групп внутри коллектива.

Для успешного внедрения изменений нужен системный подход — комплексная программа управления сопротивлением, охватывающая его информационную, эмоциональную, поведенческую и организационную составляющие. В когнитивном плане критически важна прозрачность целей преобразований: персонал следует регулярно информировать по разным каналам, демонстрируя плюсы новой системы, этапы её внедрения и ожидаемые последствия. Открытые встречи руководства с коллективом и наглядные материалы, раскрывающие преимущества нововведений, помогут снизить сопротивление.

Эмоциональная составляющая требует психологической поддержки работников и формирования доверительной обстановки через открытые коммуникации и участие руководства. Поведенческий аспект предполагает чёткое планирование, обучающие программы и техническую поддержку для адаптации к новым процессам, а также вовлечение персонала в изменения. Организационный уровень опирается на эффективную коммуникацию, подключение лидеров мнений, ресурсное обеспечение и систему мотивации, стимулирующую активное участие сотрудников в трансформации.

Согласно результатам проведённого исследования, именно человеческие ресурсы чаще всего становятся ключевым препятствием на пути необходимых организационных изменений. Чтобы свести к минимуму их негативное влияние и обеспечить успешную трансформацию компании, необходим системный подход к управлению сопротивлением со стороны сотрудников.

Литература

1. Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф; Пер. с англ. С. Жильцова; Под общ. ред. Ю. Н. Каптуревского. — Санкт-Петербург Москва : Питер, 1999. — 414 с.
2. Барнетт, В., Кэрролл, Г. Modeling Internal Organizational Change // Annual Review of Sociology. 1995. Vol. 21. N 1. P. 217-236.
3. Божко, Л.М. Понятие организационных изменений и его синонимы// Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2014. № 1. С. 77 – 84.
4. Дафт, Р.Л. Менеджмент. СПб.: Питер, 2011. 832 с
5. Карасёв, М.А. Персонал организации: понятие, структура и методы управления//Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015)
6. Кибанова, Л. Н., А. Я. Кибанов Управление персоналом. Учебное пособие /— Москва :КноРус, 2020. — 201 с.
7. Кнорринг, В. И. Теория, практика и искусство управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / В. И. Кнорринг. - 3-е изд., изм. и доп. - Москва : Норма, 2007. - 527 с.
8. Кокин, Ю.П., Шлендер, П.Э. Экономика труда: Учебник / - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Магистр, 2008. - 686 с.
9. Лапыгин, Ю. Н. Стратегический менеджмент : учебное пособие / Ю.Н. Лапыгин. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 208 с.
10. Латфуллин, Г. Р., Громова, О. Н., Райченко, А. В. Организационное поведение : учебник и практикум для вузов / под редакцией Г. Р. Латфуллина, О. Н. Громовой, А. В. Райченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16430-5.
11. Максимцев, И. А., Горелов, Н. А. Управление человеческими ресурсами: учеб. / под ред. И. А. Максимцева, Н. А. Горелова. М.: Юрайт, 2014. 526 с.
12. Наумова, Е. Ю. К вопросу определения понятия «человеческие ресурсы» // Изв. Волгоград. гос. техн. ун-та. 2012. No 7 (94). С. 100–103.
13. Хубер, Г., Глик, В., Миллер, К., Сутклифф, К. Understanding and predicting organizational change/ Organizational Change and Redesign. New York: Oxford University Press. 2013. – 670 p.
14. Фламгольц, Э., Рэндл, И. Управление стратегическими изменениями от теории к практике – М.: Эксмо, 2012. – 320 с.
15. Щекин, Г.В. Теория и практика управления персоналом. — М.: Академия, 2008. — 280 с.
16. Экономика труда / Под ред. Винокурова М.А., Горелова Н.А. – СПб.: Питер, 2007. - с. 152-223.

Staff Resistance as an Obstacle to Organizational Change within an Organization

Balakireva S.M., Aksenova E.V.

Russian Foreign Trade Academy of the Ministry for Economic Development of the Russian Federation, Moscow State Institute of International Relations

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

The article examines the problem of staff resistance to organizational change in modern economic conditions characterized by high external instability and dynamic market relations. The authors analyze theoretical approaches to defining key concepts: organizational change, human resources, personnel, and resistance to change, considering various scientific interpretations of these terms. Particular attention is paid to the classification of levels of resistance and the mechanisms of its manifestation.

The study includes an analysis of a number of aspects of resistance. A practical example of a Russian company demonstrates the reasons for resistance to the implementation of organizational changes, as well as methods for overcoming them. The authors propose a systematic approach to managing resistance to change on the part of company personnel.

The novelty of the study lies in its comprehensive examination of the phenomenon of staff resistance and the development of practical recommendations for minimizing it. The results of the work are of practical value for organizational leaders, allowing them to effectively plan and implement transformational processes. The tools for managing resistance proposed by the authors can be adapted for use in companies of various sizes and industries, making the study relevant to a wide range of specialists in the field of change management.

Keywords: organizational change, staff resistance, change management, employee adaptation, organizational transformation, corporate culture.

References

1. Ansoff, I. (1999) New Corporate Strategy / I. Ansoff; Transl. from English by S. Zhiltsov; Under the general editorship of Yu. N. Kapturevsky. St. PetersburgMoscow: Peter — 414 p.
2. Barnett, W., Carroll, G. (1995) Modeling Internal Organizational Change Annual Review of Sociology. Vol. 21. N 1. P. 217-236.
3. Bozhko, L.M. (2014) The Concept of Organizational Changes and Its Synonyms Bulletin of Omsk University. Series: Economics. No. 1. P. 77-84.
4. Daft, R.L. (2011) Management. St. Petersburg: Peter. 832 p.
5. Karasev, M.A. (2015) Organization's Personnel: Concept, Structure and Management Methods Internet Journal "NAUKOVEDENIE" Vol. 7, No. 5
6. Kibanova, L.N., Kibanov, A.Ya. (2020)Personnel Management: textbook Moscow: KnoRus, 2020. — 201 p. — ISBN 978-5-406-07343-8.
7. Knorring, V.I. (2007) Theory, Practice and Art of Management: textbook for universities 3rd ed., rev. and add. — Moscow: Norma— 527 p.
8. Kokin, Yu.P., Shlender, P.E (2008)Labor Economics: Textbook / Under the editorship of Yu.P. Kokin, P.E. Shlender. — 2nd ed., revised and add. — Moscow: Magistr. — 686 p. ISBN 978-5-9776-0062-0.
9. Lapygin, Yu.N. (2024) Strategic Management: textbook / Yu.N. Lapygin. — 2nd ed. — Moscow: INFRA-M — 208 p.
10. Latfullin, G.R., Gromova, O.N., Raichenko, A.V. (2025)Organizational Behavior: textbook and workshop for universities / edited by G.R. Latfullin, O.N. Gromova, A.V. Raichenko. — Moscow: Yurayt Publishing House. — 291 p. — (Higher Education). — ISBN 978-5-534-16430-5.
11. Maksimtsev, I.A., Gorelov, N.A. (2014) Human Resource Management: textbook / edited by I.A. Maksimtsev, N.A. Gorelov. Moscow: Yurayt. 526 p.
12. Naumova, E.Yu. (2012) On the Definition of the Concept of "Human Resources"Izv. Volgograd State Technical University. No. 7 (94). P. 100-103.
13. Hubert, G., Glick, W., Miller, C., Sutcliffe, K. (2013) Understanding and predicting organizational change/ Organizational Change and Redesign. New York: Oxford University Press. — 670 p.
14. Flamholtz, E., Randle, I. (2012) Managing Strategic Change from Theory to Practice — Moscow: Eksmo. — 320 p.
15. Shchekin, G.V. (2008) Theory and Practice of Personnel Management. — Moscow: Academy. — 280 p.
16. Labor Economics (2007) Edited by Vinokurov M.A., Gorelov N.A. — St. Petersburg: Peter. — pp. 152-223.

Развитие рынка труда it-специалистов в условиях цифровизации экономики России

Алексеенков Иван Сергеевич
аспирант, Московский гуманитарный университет

В статье рассматриваются закономерности, проблемы и перспективы развития рынка труда специалистов в области информационных технологий в контексте цифровой трансформации экономики Российской Федерации. Анализируется влияние национальных программ и нормативно-правовых актов, включая Указы Президента и положения Налогового кодекса, на формирование спроса и предложения рабочей силы в IT-сегменте. Выявляются структурные диспропорции: возрастная и гендерная асимметрия, региональная концентрация вакансий, разрыв между содержанием формального образования и реальными потребностями промышленной разработки, а также правовые коллизии в регулировании дистанционной и платформенной занятости. Особое внимание уделяется феномену дискриминации возрастных специалистов и мерам государственной политики пространственного развития, направленным на выравнивание диспропорций. На основе анализа технологических трендов обосновываются направления эволюции рынка, включая углубление специализации, внедрение систем автоматизации на основе искусственного интеллекта и гармонизацию трудового законодательства. Делается вывод о необходимости интеграции формального и дополнительного профессионального образования для обеспечения технологического суверенитета страны.

Ключевые слова: рынок труда, IT-специалисты, цифровизация экономики, информационные технологии, кадровый дефицит, профессиональное образование, региональные диспропорции, импортозамещение, технологический суверенитет.

Современный этап экономического развития Российской Федерации характеризуется углублением процессов цифровой трансформации всех сфер общественного производства. Цифровизация экономики, закрепленная в качестве одного из национальных приоритетов, предъявляет принципиально новые требования к качеству человеческого капитала, структуре занятости и содержанию трудовых функций. В этих условиях рынок труда специалистов в области информационных технологий выступает не только как индикатор технологического суверенитета, но и как ключевой фактор конкурентоспособности национального хозяйства. Настоящая статья посвящена анализу закономерностей, проблем и перспектив развития российского рынка IT-труда в контексте реализации государственной цифровой политики[1].

Как верно отмечают Надеждина С. Д., Чистякова О. А., Чистяков А. А., формирование современного рынка труда IT-специалистов невозможно рассматривать вне нормативной рамки, задаваемой государством. Базовым документом стратегического планирования выступает Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», в котором цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы определена в качестве одной из ключевых целей. Кроме того, существенное влияние оказывают положения национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной в рамках исполнения Указа от 7 мая 2018 года, которая, несмотря на завершение своего формального срока, задала вектор институциональных изменений, включая реформирование системы образования и нормативное стимулирование внедрения информационных технологий[2].

Особое значение для функционирования рынка труда имеют налоговые преференции, предоставленные аккредитованным IT-компаниям. Федеральный закон от 31 июля 2020 года № 265-ФЗ, а также последующие изменения в Налоговый кодекс Российской Федерации установили пониженные тарифы страховых взносов для организаций, осуществляющих деятельность в области информационных технологий. Данная мера, направленная на снижение фискальной нагрузки на работодателей, объективно стимулирует расширение штата и легализацию трудовых отношений. В свою очередь, Федеральный закон от 1 апреля 2020 года № 98-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» в части регулирования удаленной работы закрепил правовой статус дистанционной занятости, что особенно востребовано именно в IT-сфере, где географическая привязка сотрудника к рабочему месту традиционно не является жесткой[3].

Цифровизация экономики России порождает не только количественный, но и качественно новый спрос на компетенции. Эмпирические наблюдения и аналитика кадровых агентств показывают, что структура вакансий претерпела существенную трансформацию. На смену массовому спросу на специалистов узкой технической квалификации, таких как администраторы баз данных или сетевые инженеры, приходит потребность в архитекторах программных решений, специалистах по обеспечению информационной безопасности, разработчиках с опытом работы в специфических отечественных средах программирования. В условиях действия режима ответных санкций и политики импортозамещения, закрепленной на уровне правительственных распоряжений, например, распоряжения Минцифры России о переходе государственных информационных систем на преимущественное использование российского программного обеспечения, резко возрос спрос на разработчиков, владеющих платформами «1С», технологиями на базе операционной системы «Альт Линукс», «РЕД ОС», а также языками программирования, представленными в реестре отечественного ПО. Параллельно наблюдается экспоненциальный рост потребности в аналитиках данных и специалистах по машинному обучению, что связано с внедрением систем поддержки принятия решений на предприятиях промышленности, топливно-энергетического комплекса и финансового сектора[4, 5].

Важной характеристикой российского рынка IT-труда выступает поляризация спроса по уровням квалификации. На одном полюсе концентрируются вакансии для специалистов начального уровня, часто связанные с тестированием программного обеспечения или первой линией технической поддержки, где наблюдается перенасыщение предложения. На другом полюсе находится острейший дефицит экспертов высокого уровня – технических директоров, лидеров исследовательских групп в

области искусственного интеллекта, специалистов по криптографической защите информации. Данная диспропорция свидетельствует о несовершенстве механизмов передачи знаний и разрыве между содержанием профессионального образования и реальными задачами промышленной разработки.

Предложение на рынке труда IT-специалистов формируется под влиянием нескольких разнонаправленных тенденций. Система высшего профессионального образования, реформируемая в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами нового поколения, постепенно наращивает выпуск по направлениям «Информатика и вычислительная техника», «Программная инженерия» и «Информационная безопасность». Однако инерционность академической среды приводит к ситуации, когда актуальные знания устаревают к моменту выпуска студента, особенно в таких динамичных областях, как разработка мобильных приложений или технологии распределенных реестров[6].

В ответ на этот вызов наблюдается бурный рост сектора дополнительного профессионального образования. Коммерческие образовательные платформы, центры обучения при университетах, а также корпоративные университеты крупных IT-корпораций формируют альтернативный канал подготовки кадров. Программы профессиональной переподготовки, рассчитанные на лиц, имеющих высшее неинженерное образование, позволяют в сжатые сроки получить востребованную квалификацию. Феномен «быстрого входа» в профессию через такие программы создал в России особую прослойку специалистов с так называемым нетрадиционным карьерным треком, что значительно увеличило вариативность предложения, но одновременно породило проблему неравномерности фундаментальной подготовки.

Нельзя обойти вниманием миграционные процессы. В первые два десятилетия двадцать первого века российский рынок труда IT-специалистов сталкивался с масштабным оттоком талантов за рубеж. Однако геополитические изменения 2022 года и последующий период привели к частичной реверсии миграционных потоков: часть специалистов, ранее работавших в иностранных юрисдикциях, вернулась в Россию, одновременно возник новый канал эмиграции, преимущественно в страны с упрощенным порядком получения виз для технологических сотрудников. Правительство Российской Федерации, осознавая чувствительность данного вопроса, реализовало комплекс мер, включая упрощение получения вида на жительство для иностранных IT-специалистов, приезжающих работать в российские компании, что позволяет частично компенсировать кадровые потери[7].

Родина Т.Е. пишет о том, что цифровизация экономики вносит коррективы не только в количественные параметры рынка труда, но и в сами формы организации трудовых отношений. В IT-сфере распространение получили такие нетрадиционные формы занятости, как проектная работа, аутсорсинг, аутстаффинг и платформенная занятость. Трудовой кодекс Российской Федерации, в частности глава 49.1, регулирующая особенности труда дистанционных работников, создал правовую основу для этих практик. Однако на практике нередко возникают ситуации правовой неопределенности: трудовые отношения маскируются под гражданско-правовые, что лишает специалистов социальных гарантий – оплаты больничных листов, ежегодных оплачиваемых отпусков, отчислений в пенсионный фонд. Статистика Судебного департамента при Верховном Суде Российской Федерации фиксирует рост исков о переквалификации договоров гражданско-правового характера в трудовые именно в IT-секторе. Данная проблема свидетельствует о стремлении работодателей минимизировать издержки за счет экономии на страховых взносах, несмотря на уже существующие льготные ставки. Решение данного противоречия лежит не столько в ужесточении контроля, сколько в формировании более привлекательных условий для официального найма, включая дальнейшее совершенствование налоговых режимов для малых технологических компаний, которые составляют основу IT-рынка[8, 9].

Другим аспектом дисбаланса выступает гендерная асимметрия. Социологические обследования рабочей силы показывают устойчивое доминирование мужчин в технических ролях, особенно в разработке ядерных компонентов программного обеспечения, системном администрировании и информационной безопасности. Женщины же чаще представлены в сферах тестирования, управления проектами, дизайна пользовательских интерфейсов и технической документации. Такая сегрегация не имеет под собой физиологических оснований, но воспроизводится через стереотипы профессиональной социализации на этапе школьного образования и вторична по отношению к более общей проблеме неравенства в естественнонаучном образовании.

Рынок труда IT-специалистов в России отличается нестандартной возрастной структурой. Пик востребованности приходится на группу от 25 до 35 лет в силу высокой скорости обновления знаний, что создает преимущества для молодых кадров. Специалисты старше 45 лет, обладающие уникальными компетенциями в анализе легаси-систем и обеспечении надежности критической инфраструктуры, оказываются уязвимы: их навыки востребованы в банковском секторе и оборонной промышленности, но массовый рынок ориентирован на иные технологические стеки. Возникает парадокс: при общем дефиците высококвалифицированных кадров возрастные специалисты сталкиваются с дискриминацией при найме. Распоряжения Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации о содействии занятости лиц предпенсионного возраста не дают ощутимого эффекта в IT-сегменте из-за нежелания работодателей инвестировать в переобучение, вследствие чего рынок теряет системное мышление и дисциплину, накопленные десятилетиями практики[10].

Рынок IT-труда демонстрирует сильную пространственную дифференциацию. Большинство высокооплачиваемых вакансий сосредоточено в Московской агломерации, Санкт-Петербурге и городах-миллионниках с развитой научно-образовательной инфраструктурой, что объясняется концентрацией штаб-квартир крупных интеграторов и венчурного капитала. Государственная политика, закрепленная в Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2025 года, направлена на выравнивание диспропорций. Создание IT-кластеров в регионах с избытком трудовых ресурсов (Республика Мордовия, Ульяновская область, Алтайский край) и механизма «IT-деревень» постепенно приносит результаты. Развитие широкополосного доступа к сети Интернет, включая проект устранения цифрового неравенства, позволяет специалистам работать удаленно, оставаясь в регионе проживания. Модель «распределенной занятости» снижает нагрузку на инфраструктуру мегаполисов и способствует сохранению человеческого капитала в регионах.

Прогнозирование развития рынка IT-труда на среднесрочную перспективу основывается на анализе технологических трендов. Следует ожидать углубления специализации: спрос сместится к узким экспертам в области криптографических протоколов, инженерам по надежности систем и аналитикам угроз. Внедрение систем автоматизации разработки и средств генерации кода на основе искусственного интеллекта приведет к перераспределению трудовых функций, автоматизации рутинных задач и высвобождению времени для архитектурных решений, что потребует обновления профессиональных стандартов Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации. Продолжится нормативная гармонизация трудового законодательства в отношении платформенной занятости. Проект федерального закона о регулировании труда платформенных работников, обсуждаемый с участием Российской трехсторонней комиссии, призван устранить правовую неопределенность для фрилансеров, распространив социальные гарантии без утраты гибкости проектной работы[11, 12].

Проведенный анализ позволяет заключить, что рынок труда IT-специалистов в Российской Федерации развивается под определяющим воздействием процессов цифровизации экономики и государственной политики импортозамещения. Несмотря на высокую адаптивность и наличие мер нормативно-правовой поддержки, включая налоговое стимулирование и регулирование дистанционной занятости, рынок характеризуется устойчивыми структурными диспропорциями: возрастной и гендерной асимметрией, региональной концентрацией вакансий, а также дефицитом экспертов высшего уровня при относительном избытке начинающих кадров. Решение выявленных противоречий требует интеграции формального и дополнительного профессионального образования, преодоления дискриминационных практик в отношении возрастных специалистов и завершения нормативной гармонизации платформенной занятости, что в совокупности обеспечит технологический суверенитет и устойчивый экономический рост страны.

Литература

1. Ларионова Н. И., Юрьева О. В. Бурганова Л. А. Рынок труда в условиях трансформации экономики. Вестник экономики, права и социологии. 2022. № 4. С. 90-97.

2. Надеждина С. Д., Чистякова О. А., Чистяков А. А. Трансформация рынка труда и запрос на новый тип ИТ-специалистов в тренде цифровой экономики. Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2024. Т. 9. № 1. С. 84-94.

3. Рынок труда цифровой экономики: современные тенденции и перспективы развития / В. Д. Рожков, А. Ю. Анисимов, П. Н. Машегов, С. Н. Селиверстов // Экономика труда. – 2026. – Т. 13, № 1. – С. 27-42

4. Белорусов А.С., Кузнецова В.А., Надточий Ю.Б. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА РЫНОК ТРУДА В РОССИИ // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 6-1. С. 28-36.

5. Волкова, Д. С. Рынок труда в эпоху цифровой экономики / Д. С. Волкова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 7 (297). — С. 158-160.

6. Томакова И.А., Томаков М.В. Региональный рынок труда IT-специалистов в условиях цифровой трансформации экономики и социальной сферы. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2022;12(2):174-193.

7. Степаненкова А.Д. НОВЫЕ ПРОФЕССИИ НА РЫНКЕ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ // Вестник науки №1 (58) том 3. С. 130 - 137. 2023 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: https://www.вестник-науки.рф/article/7016 (дата обращения: 13.05.2026 г.).

8. Родина Т.Е. РЫНОК ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ / Т.Е. Родина // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — №5 (155). — URL: https://research-journal.org/archive/5-155-2025-may/10.60797/IRJ.2025.155.20 (дата обращения: 13.05.2026).

9. Дигилина О.Б., Тесленко И.Б. Трансформация рынка труда в условиях цифровизации. Вестник РГГУ. Серия "Экономика и управление". 2019;(4 ч.2):166-180.

10. Зинич А.В., Помогаев В.М., Скосырева Н.Д. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА РЫНОК ТРУДА: ВЗГЛЯД ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МОЛОДЕЖИ // Фундаментальные исследования. 2022. № 1. С. 22-27; URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=43187 (дата обращения: 13.05.2026).

11. Ковалева И.А., Канке А.А., Мозговой А.И. Управление человеческими ресурсами через призму глобальных трансформационных изменений // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. — 2021. — № 1 (27). — С. 71—86.

12. Орлова Л.В., Иванов И.Н., Сундукова Г.М. Управление знаниями как ресурс повышения креативности организации // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. — 2022. — № 1 (58). — С. 47—50.

Development of the it specialists' labor market in the context of the digitalization of the Russian economy

Alekseenkov I.S.
Moscow University for the Humanities

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, M11, M20, M30, Z33

This article examines the patterns, challenges, and prospects for the development of the IT labor market in the context of the digital transformation of the Russian economy. It analyzes the impact of national programs and regulations, including Presidential Decrees and provisions of the Tax Code, on the demand and supply of labor in the IT sector. Structural imbalances are identified, including age and gender asymmetries, regional concentration of vacancies, the gap between the content of formal education and the actual needs of industrial development, as well as legal conflicts in the regulation of remote and platform employment. Particular attention is paid to the phenomenon of discrimination against older professionals and state policy measures for spatial development aimed at redressing these imbalances. Based on an analysis of technological trends, it substantiates future market evolution, including increased specialization, the introduction of artificial intelligence-based automation systems, and the harmonization of labor legislation. It concludes that integrating formal and continuing professional education is essential to ensure the country's technological sovereignty. Key words: labor market, IT specialists, digitalization of the economy, information technology, personnel shortage, vocational education, regional disparities, import substitution, technological sovereignty.

The article examines the patterns, problems and prospects of the development of the labor market of information technology specialists in the context of the digital transformation of the economy of the Russian Federation. The impact of national programs and regulatory legal acts, including Presidential Decrees and provisions of the Tax Code, on the formation of labor supply and demand in the IT segment is analyzed. Structural imbalances are revealed: age and gender asymmetry, regional concentration of vacancies, the gap between the content of formal education and the real needs of industrial development, as well as legal conflicts in the regulation of distance and platform employment. Special attention is paid to the phenomenon of discrimination of age specialists and measures of the state policy of spatial development aimed at leveling the disparities. Based on the analysis of technological trends, the directions of market evolution are substantiated, including the deepening of specialization, the introduction of automation systems based on artificial intelligence and the harmonization of labor legislation. It is concluded that it is necessary to integrate formal and additional professional education in order to ensure the technological sovereignty of the country.

Keywords: labor market, IT specialists, digitalization of the economy, information technology, personnel shortage, vocational education, regional imbalances, import substitution, technological sovereignty.

References

1. Larionova N. I., Yuryeva O. V., Burganova L. A. The Labor Market in the Context of Economic Transformation. Bulletin of Economics, Law and Sociology. 2022. No. 4. pp. 90-97.

2. Nadezhdina S. D., Chistyakova O. A., Chistyakov A. A. Transformation of the Labor Market and Demand for a New Type of IT Specialists in the Trend of the Digital Economy. Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences. 2024. Vol. 9. No. 1. pp. 84-94.

3. The Labor Market of the Digital Economy: Current Trends and Development Prospects / V. D. Rozhkov, A. Yu. Anisimov, P. N. Mashegov, S. N. Seliverstov // Labor Economics. – 2026. – Vol. 13, No. 1. – P. 27-42

4. Belorusov A.S., Kuznetsova V.A., Nadtochiy Yu.B. IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON THE LABOR MARKET IN RUSSIA // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2024. No. 6-1. P. 28-36.

5. Volkova, D.S. Labor market in the era of the digital economy / D.S. Volkova. - Text: direct // Young scientist. - 2020. - No. 7 (297). - P. 158-160.

6. Tomakova I.A., Tomakov M.V. Regional labor market of IT specialists in the context of digital transformation of the economy and social sphere. Bulletin of the South-West State University. Series: Economy. Sociology. Management. 2022;12(2):174-193.

7. Stepanenkova A.D. NEW PROFESSIONS IN THE LABOR MARKET IN THE DIGITAL ECONOMY // Science Bulletin, No. 1 (58), Vol. 3, pp. 130-137. 2023. ISSN 2712-8849 // Electronic resource: https://www.vesnik-nauki.rf/article/7016 (accessed: 13.05.2026).

8. Rodina T.E. LABOR MARKET IN THE DIGITAL ECONOMY / T.E. Rodina // International Research Journal. - 2025. - No. 5 (155). — URL: https://research-journal.org/archive/5-155-2025-may/10.60797/IRJ.2025.155.20 (accessed: 13.05.2026).

9. Digilina O.B., Teslenko I.B. Transformation of the labor market in the context of digitalization. Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series "Economics and Management". 2019; (4 part 2): 166-180.

10. Zinich A.V., Pomogaev V.M., Skosyreva N.D. Impact of digitalization on the labor market: a view of urban and rural youth // Fundamental Research. 2022. No. 1. pp. 22-27; URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=43187 (accessed: 13.05.2026).

11. Kovaleva I.A., Kanke A.A., Mozgovoy A.I. Human Resource Management through the Prism of Global Transformational Changes // Bulletin of Moscow State Pedagogical Univ. Series: Economics. - 2021. - No. 1 (27). - P. 71-86.

12. Orlova L.V., Ivanov I.N., Sundukova G.M. Knowledge Management as a Resource for Enhancement of Organizational Creativity // Personnel and Intellectual Resource Management in Russia. - 2022. - No. 1 (58). - P. 47-50.

Концептуальная модель комбинированного проекта государственно-частного партнерства при создании объектов социальной инфраструктуры

Беляева Ангелина Александровна
аспирант кафедры экономики строительства и ЖКХ, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, angelina11.07@mail.ru

Статья посвящена развитию теоретических представлений о государственно-частном партнерстве в сфере создания объектов социальной инфраструктуры. Актуальность темы обусловлена тем, что традиционные модели ГЧП не всегда обеспечивают инвестиционную устойчивость проектов социальной направленности вследствие их высокой капиталоемкости, длительного срока окупаемости и ограниченной способности формировать самостоятельный денежный поток. Цель статьи состоит в обосновании концепции интеграции социальной и коммерческой составляющих в проектах ГЧП, позволяющей сочетать достижение общественно значимого результата с повышением экономической реализуемости проекта. Показано, что включение коммерческого компонента способно повысить инвестиционную устойчивость проекта, не изменяя его социальной направленности, при условии сохранения содержательной связи между частями проекта и приоритета публичной цели.
Ключевые слова: государственно-частное партнерство, социальная инфраструктура, инвестиционная устойчивость, экономика строительства.

Актуальность

Актуальность исследования обусловлена тем, что развитие социальной инфраструктуры в современных условиях становится одним из ключевых факторов устойчивого территориального роста, повышения качества жизни населения [1,2]. Однако создание таких объектов требует значительных капитальных вложений, длительного инвестиционного цикла и устойчивых механизмов финансового обеспечения [3,4], что делает проблему поиска эффективных организационно-экономических моделей их реализации особенно значимой.

Традиционные формы государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) применительно к социальной инфраструктуре имеют ряд существенных ограничений. Социальные объекты, как правило, не формируют достаточного самостоятельного денежного потока, который мог бы обеспечить приемлемый уровень доходности для частного инвестора [5,6], также доходность от проектов социальной направленности, как правило, ниже по сравнению с иными секторами экономики [7,8]. В результате возникает противоречие между высокой общественной значимостью социальной инфраструктуры и сравнительно низкой инвестиционной привлекательностью проектов ее создания.

В этих условиях возрастает значение таких проектных решений, которые позволяют совместить выполнение социальной функции с формированием дополнительных источников экономической устойчивости проекта [9]. Одним из возможных направлений выступает объединение социальной и коммерческой составляющих в рамках единого проекта, при котором общественно значимый объект реализуется во взаимосвязи с функционально сопряженным коммерческим компонентом. Подобная модель потенциально расширяет возможности возврата инвестиций, снижает нагрузку на бюджет и повышает заинтересованность частного партнера в участии в социально значимых инвестиционно-строительных проектах.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью теоретического обоснования концепции ГЧП, в которой социальная и коммерческая составляющие рассматриваются как взаимосвязанные элементы единой организационно-экономической конструкции. Разработка такого подхода имеет значение как для развития научных представлений о механизмах ГЧП в строительстве объектов социальной инфраструктуры, так и для практики подготовки проектов, ориентированных на повышение их инвестиционной реализуемости без утраты социальной направленности.

Обзор литературы

Как показывают работы А. А. Скидана [1,3] и Т. А. Спицыной [4], ключевое ограничение традиционных форм ГЧП в социальной сфере связано с несоответствием между высокой общественной значимостью объектов социальной инфраструктуры и их ограниченной способностью формировать устойчивый денежный поток. А. А. Скидан акцентирует внимание на недостаточной заинтересованности частных инвесторов в таких проектах, тогда как Т. А. Спицына показывает, что социальные объекты характеризуются высокой капиталоемкостью, длительным сроком окупаемости и неопределенностью коммерческого результата.

Из этого, как отмечает Т. А. Спицына, вытекает доминирование модели платы за доступность [4], однако ее применение сохраняет значительную финансовую нагрузку на публичного партнера в долгосрочном периоде. Близкий вывод содержится в работе Н. В. Ворониной и А. Е. Садохиной [5], которые подчеркивают, что даже наличие платных услуг на территории социального объекта, как правило, не формирует денежного потока, достаточного для существенного повышения окупаемости.

На этом фоне особый интерес представляет позиция Т. В. Барта и В. Н. Мартынюка [11], связывающих повышение инвестиционной устойчивости социальных проектов с формированием дополнительных источников дохода за счет коммерческого обслуживания объекта. Именно этот вывод позволяет перейти от рассмотрения коммерческой составляющей как вспомогательного элемента к ее осмыслению как структурной части единой проектной модели, что и составляет концептуальную основу настоящей статьи.

Методология

В исследовании использованы методы сравнительного анализа при сопоставлении традиционных моделей бюджетного финансирования, концессионных схем и соглашений о ГЧП с точки зрения их применимости к строительству объектов социальной инфраструктуры. Структурный анализ позволил выделить ключевые элементы проектной модели, включая функциональное назначение объекта, источники возврата инвестиций, распределение прав собственности и обязательств сторон. Логико-теоретический анализ использовался для обоснования возможности интеграции социальной и коммерческой составляющих в рамках единого проекта.

Ключевым исследовательским приемом стало концептуальное моделирование. Оно использовалось для построения организационно-экономической конструкции проекта, в которой социальная и коммерческая части рассматриваются как элементы единого инвестиционного контура. В рамках данного подхода анализировались условия, при которых объединение различных по назначению частей проекта может сохранять внутреннюю функциональную взаимосвязь, не разрушая при этом социальной направленности проекта.

Результаты

Как было написано ранее, для проектов ГЧП, реализуемых в сфере социальной инфраструктуры, характерен комплекс ограничений, таких как продолжительный срок окупаемости, невысокая и трудно прогнозируемая доходность, а также высокая стоимость реализации проекта [12]. Эти ограничения снижают инвестиционную устойчивость проекта и позволяют сделать вывод о необходимости формирования иного подхода к построению модели ГЧП, который будет:

- учитывать коммерческую заинтересованность частного партнёра;
- уменьшать бюджетную нагрузку публичной стороны;
- ориентирован не только на удовлетворение базовых потребностей в объектах социальной инфраструктуры, но и на предоставление дополнительных услуг, обладающих коммерческой полезностью.

Учитывая обозначенные ограничения, предлагается концепция комбинированного проекта ГЧП, содержание которой раскрывается через совокупность следующих принципов:

- взаимная интеграция социальных и коммерческих объектов в рамках единой функциональной системы;
- дифференцированное распределение прав собственности и эксплуатационных обязательств между публичным и частным партнёрами;
- формирование устойчивых инвестиционных потоков в социальный сектор при одновременном сохранении экономической привлекательности проекта для частного партнёра.

Существенным отличием предлагаемой концепции является использование смешанной формы собственности, при которой в структуре проекта выделяются социальный и коммерческий компоненты. Социальный компонент представляет собой объект социальной инфраструктуры, созданный в соответствии с действующими нормативными требованиями и предназначенный для выполнения базовой общественно значимой функции, связанной с оказанием социальных услуг населению. В составе комбинированного проекта к таким объектам могут относиться общеобразовательные школы, амбулаторно-поликлинические организации, дошкольные образовательные учреждения, учреждения культуры, а также физкультурно-оздоровительные организации и иные аналогичные объекты.

Коммерческая составляющая проекта представляет собой объект, в рамках которого осуществляется оказание платных услуг, которые могут сопутствовать или дополнять услуги, предоставляемые социальной частью проекта. Именно данный компонент формирует для инвестора прямой доход, возникающий от реализации товаров и услуг и/или арендных платежей. Существенное значение для коммерческой части проекта имеет потенциальный синергетический спрос, создаваемый социальной составляющей. Его наличие способствует сокращению срока окупаемости, повышению рентабельности проекта для частного партнера и снижению риска недозагрузки коммерческих площадей.

Значительной поддержкой для частного партнера будет земельный участок, предоставленный публичным партнером в качестве немонетарного вклада в проект. После завершения строительства участок под коммерческой составляющей проекта сохраняется в собственности частного партнера. Такой подход позволяет частично компенсировать инвестиционные затраты, приходящиеся на коммерческую составляющую, и тем самым повысить привлекательность проекта для частного партнера. Объекты, образующие социальную составляющую проекта, а также земельный участок, предназначенный для их размещения, будут сохраняться в государственной или муниципальной собственности, поскольку их функциональное назначение связано с предоставлением населению обязательных социальных услуг.

Для обеспечения функциональной и правовой согласованности коммерческой и социальной составляющих проекта в соглашении о партнерстве должен быть закреплен допустимый вид разрешенного использования коммерческой части. Это условие направлено, во-первых, на недопущение размещения организаций, деятельность которых может вступать в противоречие с санитарными, этическими и градостроительными требованиями. Во-вторых, оно обеспечивает содержательную согласованность коммерческой эксплуатации объекта с основным назначением социальной составляющей проекта, заключающимся в предоставлении населению качественных социальных услуг. Концептуальная модель взаимодействия участников комбинированного проекта ГЧП представлена на рисунке 1.

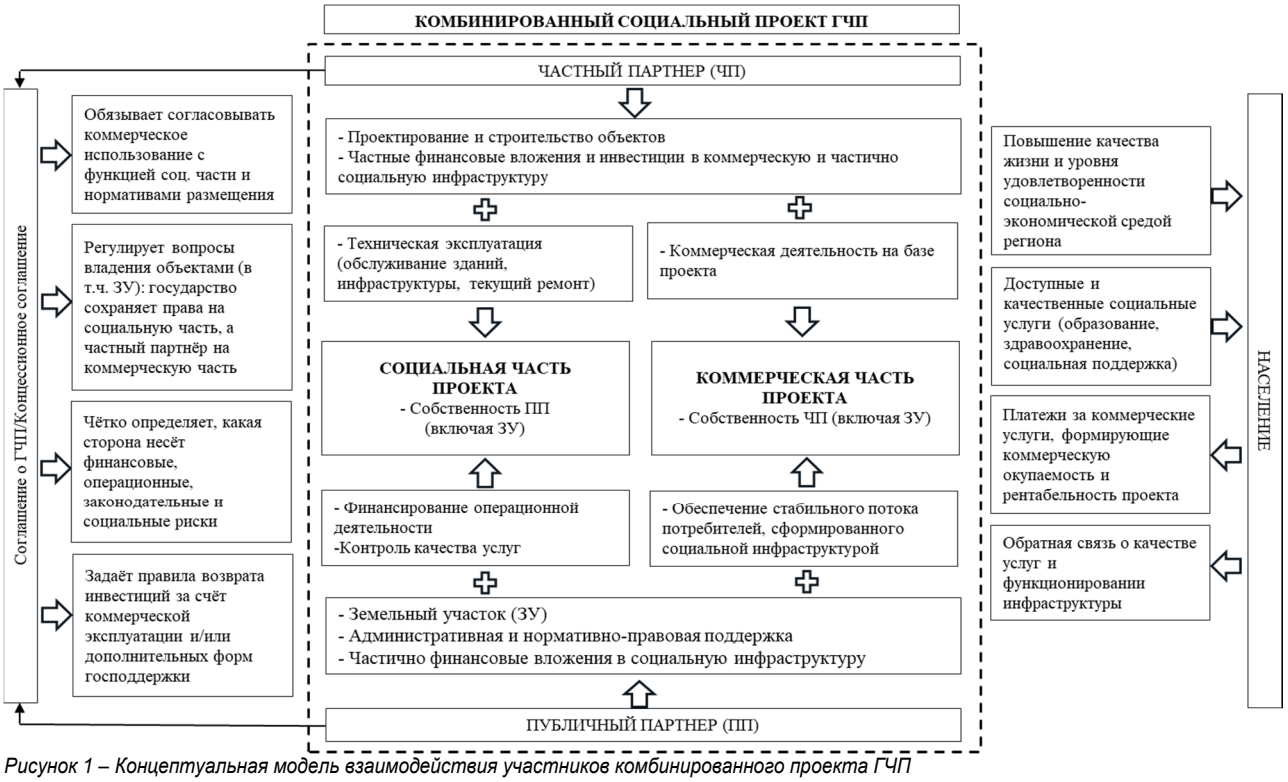


Рисунок 1 – Концептуальная модель взаимодействия участников комбинированного проекта ГЧП

Обсуждение

Как отмечает Т. Х. Аблязов, участие частного партнера в проектах ГЧП связано не только со снижением финансовых рисков, но и с возможностью долгосрочного планирования деятельности [13]. Применительно к предложенной концепции комбинированного проекта ГЧП это выражается в формировании более устойчивой модели возврата инвестиций за счет коммерческой составляющей, функционально сопряженной с социальным объектом. Для публичного партнера значимость такого подхода состоит в возможности создания и функционирования социально значимого объекта при более гибком распределении капитальных и эксплуатационных обязательств. Для населения эффект выражается в расширении доступности социальных услуг и формировании дополнительной сервисной среды, связанной с использованием объекта.

Правовая институционализация комбинированного механизма ГЧП предполагает наличие специального нормативного основания для его применения. В действующей российской правовой системе регулирование проектов ГЧП осуществляется преимущественно в рамках Федерального закона от 13 июля 2015 г. № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации...» [14] и Федерального закона от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях» [15]. Вместе с тем заложенные в указанных актах правовые конструкции ориентированы на использование традиционных моделей взаимодействия сторон и не охватывают проекты, в которых в пределах единого организационно-экономического контура сочетаются социально значимый и коммерчески ориентированный элементы.

Вследствие этого действующее законодательство не формирует достаточной правовой основы для гибкого структурирования комбинированных проектов ГЧП, направленных одновременно на достижение общественно значимого результата и обеспечение коммерческой отдачи. Ограниченность существующего нормативного инструментария проявляется в отсутствии специальных правовых механизмов, позволяющих закрепить смешанный характер имущественных, инвестиционных и эксплуатационных отношений в подобных проектах. В связи с этим возникает объективная необходимость в разработке и нормативном закреплении особой модели комбинированного проекта ГЧП, обладающей комплексной правовой природой и учитывающей специфику совмещения социальных и коммерческих компонентов в рамках единого партнерского механизма.

В целях правового обеспечения комбинированного проекта ГЧП в исследовании обосновывается необходимость уточнения положений Федерального закона № 224-ФЗ, так как конструкция, закрепленная Федеральном законе № 115-ФЗ предполагает обязательную возвратность объектов в собственность публичной стороне. По этой причине данный режим не позволяет сохранить право собственности за частным партнером, тогда как именно указанное условие имеет принципиальное значение для реализации комбинированной модели.

Предпочтение механизма, основанного на Федеральном законе № 224-ФЗ, обусловлено также тем, что его применение не требует возложения на инвестора обязанности по непосредственному осуществлению профильной социальной деятельности на объекте социального назначения. Так, например, при создании школы частный партнер не должен самостоятельно вести образовательную деятельность. Еще одним преимуществом использования Закона о ГЧП/МЧП является тот факт, что в случае использования 224-ФЗ, инвестор не обязан заниматься прямой эксплуатацией объекта социального назначения (например, образовательной деятельностью, в случае школы).

Соответственно, в рамках комбинированного проекта частный партнер может принимать на себя обязательства по проектированию, финансированию, созданию, реконструкции, эксплуатации и техническому обслуживанию объектов соглашения, тогда как осуществление основной социальной деятельности возложено на публичного партнера либо уполномоченную им организацию.

С учетом этого нормативная адаптация Федерального закона № 224-ФЗ применительно к комбинированным проектам ГЧП должна быть направлена на закрепление следующих положений:

- введение в понятийный аппарат категории комбинированного проекта ГЧП как единого функционально связанного имущественного комплекса, включающего социальную и коммерческую составляющие;
- разграничение правового режима социальной и коммерческой частей проекта, включая возможность закрепления права собственности на социальную часть за публичным партнером, а на коммерческую часть - за частным партнером;
- уточнение состава элементов соглашения о ГЧП применительно к проектам, предусматривающим проектирование, финансирование, строительство, реконструкцию, эксплуатацию и техническое обслуживание объектов в рамках единого инвестиционного контура;
- конкретизацию перечня объектов соглашения, допускающую включение в его состав не только объектов социальной инфраструктуры, но и функционально связанных с ними объектов капитального строительства, составляющих коммерческую часть проекта;
- закрепление требования о содержательной и функциональной сопряженности коммерческой части проекта с назначением социальной инфраструктуры;
- установление возможности использования в комбинированном проекте различных форм финансового участия публичной стороны, включая капитальный грант, субсидии, льготное кредитование, государственные и муниципальные гарантии и т.д.
- фиксацию принципа дифференцированного распределения прав, обязанностей и рисков между сторонами применительно к социальной и коммерческой составляющим комбинированного проекта.

Суммируя вышеизложенное, под комбинированным проектом ГЧП предлагается понимать форму реализации инвестиционного проекта в социальной сфере, предусматривающую создание, реконструкцию и (или) эксплуатацию единого функционально связанного имущественного комплекса, в составе которого социальная и коммерческая части объединены общим инвестиционным контуром, но обладают дифференцированным правовым режимом, источниками финансирования, механизмами возврата инвестиций и распределением рисков между сторонами соглашения.

Предложенные изменения позволят устранить правовые барьеры, которые препятствуют институционализации комбинированной модели ГЧП, что в первую очередь важно для легализации самого понятия «комбинированный проект ГЧП» как особой формы, которая сочетает в себе элементы концессии и соглашений по 224-ФЗ. Такое сочетание обусловлено двойственной природой комбинированного проекта: его социальная часть по целевому назначению, общественной значимости и необходимости сохранения публичного контроля тяготеет к логике концессии, тогда как коммерческая часть и единый инвестиционный контур проекта требуют более гибкого режима распределения прав собственности, источников финансирования, доходов и рисков, характерного для механизма, закрепленного в Федеральном законе № 224-ФЗ.

Вывод

Таким образом, проведенное исследование показало, что традиционные формы ГЧП в сфере социальной инфраструктуры не в полной мере отвечают требованиям инвестиционной реализуемости таких проектов. Основное ограничение связано с тем, что социально значимые объекты, обладая высокой общественной ценностью, как правило, не формируют денежного потока, достаточного для обеспечения устойчивого интереса частного инвестора. В связи с этим в статье обоснована целесообразность перехода к комбинированной модели ГЧП, предполагающей объединение социальной и коммерческой составляющих в рамках единого инвестиционного контура.

Предложенная концепция позволяет согласовать публичные и частные интересы за счет дифференцированного распределения прав собственности, обязательств и источников возврата инвестиций. Ее применение создает предпосылки для повышения инвестиционной устойчивости проекта, снижения финансовой нагрузки на публичного партнера и одновременного сохранения социальной направленности создаваемого объекта. Вместе с тем реализация такого подхода требует соответствующего нормативного оформления, прежде всего в части адаптации механизма, закрепленного в Федеральном законе № 224-ФЗ, к особенностям проектов со смешанной функциональной структурой. Следовательно, комбинированный проект ГЧП может рассматриваться как перспективный организационно-экономический инструмент развития социальной инфраструктуры в условиях ограниченности бюджетных ресурсов и необходимости расширения внебюджетного финансирования.

Литература

1. Скидан, А. А. Трансформация объектов социальной инфраструктуры в контексте глобальной конкуренции за человеческий капитал / А. А. Скидан, С. П. Ширшиков // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11, № 6-1. – С. 501-509.

2. Андреева, О. В. Особенности реализации государственно-частного партнерства в социальной сфере / О. В. Андреева // Управленческий учет. – 2021. – № 12-3. – С. 609-620. – DOI: 10.25806/uu12-32021609-620.

3. Скидан, А. А. Особенности применения государственно-частного партнёрства при реализации объектов социальной инфраструктуры [Электронный ресурс] / А. А. Скидан // Экономика и управление: тенденции и перспективы : материалы II Межвузовской ежегодной научно-

практической конференции. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – С. 303-308. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45779299

4. Спицына, Т. А. Эффективность механизма государственно-частного партнерства при финансировании социальной инфраструктуры / Т. А. Спицына // Среднерусский вестник общественных наук. — 2022. — Т. 17, № 4. — С. 104-122

5. Воронина, Н. В. Особенности использования механизма государственно-частного партнерства в социальной сфере / Н. В. Воронина, А. Е. Садохина // Современные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов, территорий. — 2022. — С. 81-85

6. Стофарандова, В. В. К вопросу о государственно-частном партнёрстве как механизме модернизации социальной инфраструктуры и решения социальных проблем в регионах [Электронный ресурс] / В. В. Стофарандова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2024. – № 11(169). – С. 96-103. – DOI: 10.26726/rppe2024v11otiop. – URL: https://www.rppe.ru/new/index.php/rppe/article/view/2675

7. Макейкина, С. М. Государственно-частное партнерство в социальной сфере на региональном уровне: проблемы и перспективы развития / С. М. Макейкина, Ю. Н. Чинаева // Контентус. – 2021. – № 8. – С. 34-42.

8. Лаптев, М. А. Потенциал развития государственно-частного партнерства в России / М. А. Лаптев // Вестник науки. – 2025. – № 4(85), т. 3. – С. 42-51.

9. Омельянович, Л. А. Частные инвестиции как источник финансирования проектов государственно-частного партнерства / Л. А. Омельянович, О. Ю. Руденок // Управленческий учет. – 2023. – № 7. – С. 260-266. – DOI: 10.25806/uu72023260-266.

10. Скидан, А. А. Повышение инвестиционной привлекательности социальных объектов / А. А. Скидан // Московский экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 731-740.

11. Барт, Т. В. Стимулирование инвестиций в инфраструктурные проекты социальной сферы / Т. В. Барт, В. Н. Мартынюк // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 1295-1308.

12. Эксперты оценили перспективы рынка государственно-частного партнерства [Электронный ресурс] // Ведомости. – 2023. – URL: https://www.vedomosti.ru/industry/infrastructure_development/articles/2023/10/26/1002811-eksperti-otsenili-perspektivi-rinka-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva

13. Аблязов, Т. Х. Роль государства и частного сектора в реализации экономического потенциала строительной сферы / Т. Х. Аблязов, С. П. Ширшиков, Е. Б. Александрова // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7, № 5. – DOI 10.55186/2413046X_2022_7_5_319. – EDN LGYVIY.

14. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 224-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2015. – № 29, ч. I. – Ст. 4350.

15. О концессионных соглашениях : Федеральный закон от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2005. – № 30, ч. II. – Ст. 3126.

Conceptual model of a combined public-private partnership project for the creation of social facilities

Belyaeva A.A.
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the development of theoretical concepts of public-private partnerships in the construction of social infrastructure. The relevance of this topic stems from the fact that traditional PPP models do not always ensure the investment sustainability of social projects due to their high capital intensity, long payback periods, and limited ability to generate independent cash flow. The purpose of this article is to substantiate the concept of integrating social and commercial components into PPP projects, which enables the achievement of socially significant results while simultaneously enhancing the project's economic viability. It is shown that the inclusion of a commercial component can enhance a project's investment sustainability without altering its social focus, provided that the substantive connection between the project components and the priority of the social goal is maintained.

Keywords: public-private partnership, social infrastructure, investment sustainability, construction economics.

References

1. Skidan A.A., Shirshikov S.P. Transformatsiya ob'ektov sotsial'noi infrastruktury v kontekste global'noi konkurentsii za chelovecheskii kapital [Transformation of social infrastructure in the context of global competition for human capital]. Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra, 2021, vol. 11, no. 6-1, pp. 501-509.
2. Andreeva O.V. Osobennosti realizatsii gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v sotsial'noi sfere [Features of the implementation of public-private partnership in the social sphere]. Upravlencheskii uchet, 2021, no. 12-3, pp. 609-620. DOI: 10.25806/uu12-32021609-620.
3. Skidan A.A. Osobennosti primeneniya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva pri realizatsii ob'ektov sotsial'noi infrastruktury [Features of the use of public-private partnership in the implementation of social infrastructure facilities]. Ekonomika i upravlenie: tendentsii i perspektivy: materialy II Mezhvuzovskoi ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. St. Petersburg, SPbGASU, 2021, pp. 303-308. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=45779299
4. Spitsyna T.A. Effektivnost' mekhanizma gosudarstvenno-chastnogo partnerstva pri finansirovanii sotsial'noi infrastruktury [Efficiency of the public-private partnership mechanism in financing social infrastructure]. Srednerusskii vestnik obshchestvennykh nauk, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 104-122.
5. Voronina N.V., Sadokhina A.E. Osobennosti ispol'zovaniya mekhanizma gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v sotsial'noi sfere [Features of using the public-private partnership mechanism in the social sphere]. Sovremennye problemy ekonomicheskogo razvitiya predpriyatii, otraslei, kompleksov, territorii, 2022, pp. 81-85.
6. Stofarandova V.V. K voprosu o gosudarstvenno-chastnom partnerstve kak mekhanizme modernizatsii sotsial'noi infrastruktury i resheniya sotsial'nykh problem v regionakh [On public-private partnership as a mechanism for modernizing social infrastructure and solving social problems in the regions]. Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki, 2024, no. 11(169), pp. 96-103. DOI: 10.26726/rppe2024v11otiop. Available at: https://www.rppe.ru/new/index.php/rppe/article/view/2675
7. Makeikina S.M., Chinaeva Yu.N. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v sotsial'noi sfere na regional'nom urovne: problemy i perspektivy razvitiya [Public-private partnership in the social sphere at the regional level: problems and development prospects]. Kontentus, 2021, no. 8, pp. 34-42.
8. Laptev M.A. Potentsial razvitiya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Rossii [The development potential of public-private partnership in Russia]. Vestnik nauki, 2025, no. 4(85), vol. 3, pp. 42-51.
9. Omel'yanovich L.A., Rudenok O.Yu. Chastnye investitsii kak istochnik finansirovaniya proektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Private investments as a source of financing for public-private partnership projects]. Upravlencheskii uchet, 2023, no. 7, pp. 260-266. DOI: 10.25806/uu72023260-266.
10. Skidan A.A. Povyshenie investitsionnoi privlekatel'nosti sotsial'nykh ob'ektov [Increasing the investment attractiveness of social facilities]. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal, 2022, no. 2, pp. 731-740.
11. Bart T.V., Martynyuk V.N. Stimulirovanie investitsii v infrastrukturnye proekty sotsial'noi sfery [Stimulating investments in infrastructure projects in the social sphere]. Kreativnaya ekonomika, 2021, vol. 15, no. 4, pp. 1295-1308.
12. Eksperty otsenili perspektivy rynka gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Experts assessed the prospects of the public-private partnership market]. Vedomosti, 2023. Available at: https://www.vedomosti.ru/industry/infrastructure_development/articles/2023/10/26/1002811-eksperti-otsenili-perspektivi-rinka-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva
13. Ablyazov T.Kh., Shirshikov S.P., Aleksandrova E.B. Rol' gosudarstva i chastnogo sektora v realizatsii ekonomicheskogo potentsiala stroitel'noi sfery [The role of the state and the private sector in realizing the economic potential of the construction sector]. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal, 2022, vol. 7, no. 5. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_319. EDN LGYVIY.
14. O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, munitsipal'no-chastnom partnerstve v Rossiiskoi Federatsii i vnesenii izmenenii v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii: Federal'nyi zakon ot 13 iyulya 2015 g. No. 224-FZ [On public-private partnership, municipal-private partnership in the Russian Federation and amendments to certain legislative acts of the Russian Federation: Federal Law No. 224-FZ of July 13, 2015]. Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii, 2015, no. 29, part I, art. 4350.
15. O kontsessionnykh soglasheniyakh: Federal'nyi zakon ot 21 iyulya 2005 g. No. 115-FZ [On concession agreements: Federal Law No. 115-FZ of July 21, 2005]. Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii, 2005, no. 30, part II, art. 3126.

Подходы к интеграции информационных систем в компаниях строительной отрасли в условиях импортозамещения

Демченко Алексей Олегович
к.э.н., доцент кафедры Информатики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, ao-demchenko@yandex.ru,

Соколова Дарья Юрьевна
ст. преподаватель кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, dawutka22@inbox.ru,

Соколов Дмитрий Владимирович
ассистент кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, dimsokolov2025@gmail.com

Процессы импортозамещения вызвали значительные трудности в компаниях промышленных отраслей, где основные бизнес-процессы, как правило, поддерживаются совокупностью информационных систем и технологий, базирующихся на больших массивах разнородных данных. Переход на новое программное обеспечение требует временных, ресурсных и финансовых затрат для обеспечения потребностей компаний, в том числе строительной отрасли. В данной статье рассмотрены основные аспекты интеграции гетерогенных информационных систем в строительной отрасли; даны предпосылки и варианты перехода на отечественные программные продукты в рамках процесса импортозамещения; приведены ожидаемые результаты и прогнозы использования предложенных реализаций.
Ключевые слова: гетерогенные информационные системы, цифровизация, Индустрия 4.0, импортозамещение, цифровая трансформация.

Введение

Индустрия 4.0, также известная как четвертая промышленная революция, представляет собой концепцию, которая включает в себя широкий спектр новых технологий, направленных на создание ценностей для потребителя. Реализация концепции непосредственно связана с цифровой трансформацией процессов, связанных с реинжинирингом текущих моделей деятельности, пересмотром ИТ-стратегий на средне- и долгосрочную перспективу, внедрением сквозных и прорывных технологий, таких как искусственный интеллект, компьютерное зрение, промышленный интернет вещей, облачные вычисления, технологии дополненной и виртуальной реальности, многомерное моделирование и технологии цифровых двойников, большие данные и др.

Рост рынка информационных технологий в РФ за последние 5 лет становится подтверждением нарастания процессов цифровизации и цифровой трансформации (рис. 1).

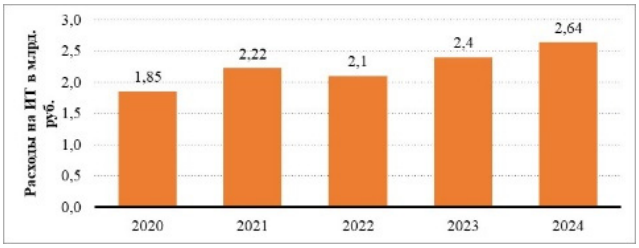


Рисунок 1. Объем рынка информационных технологий (ИТ) в России в 2020–2024 гг. [подготовлено автором по данным ресурса Statista]

Для перехода отраслевой экономики к реализации концепции Индустрии 4.0 необходимо не только внедрить современные технологии и программное обеспечение, но и пересмотреть способы реализации, в первую очередь, основных бизнес-процессов, обновить инфраструктуру, усилить кадровый состав.

Процесс цифровизации строительной отрасли начался в рамках национальных проектов «Цифровая экономика» и «Цифровое государственное управление» [1]. Эти проекты направлены на внедрение в отрасль ТИМ-технологий, то есть технологий информационного моделирования, создание цифровых двойников, разработку единых классификаторов и развитие специализированных порталов. В 2025 году началась реализация «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [2], что подчеркивает стремление к технологическому суверенитету на государственном уровне.

Строительство как отрасль следует рассматривать как одну из основополагающих экономических сфер хозяйствования, так как именно она задействована в формировании и развитии государственной инфраструктуры [3]. Тенденции цифровой трансформации отрасли сохраняются в 2025 году в тренде применения и адаптации сквозных и прорывных технологий, таких как информационное моделирование объектов (ТИМ), построение цифровых двойников объектов и площадок для их возведения и эксплуатации, применение технологий дополненной и смешанной реальности при строительстве и проведении капитальных ремонтов, интернет вещей и промышленный интернет вещей, технологии искусственного интеллекта [4, 5].

Целью статьи является рассмотрение проблематики компаний строительной отрасли в условиях процессов цифровизации и импортозамещения, в частности – способов интеграции существующих гетерогенных программных сред пересмотреть способы реализации, в первую очередь, основных бизнес-процессов последующим переходом на отечественное программное обеспечение.

Гипотеза

Гипотезой исследования, представленного в данной статье, является тезис о необходимости учета двух векторов при трансформации ИТ-архитектуры компаний строительной отрасли в сегодняшних реалиях: цифровизации и импортозамещения. Кроме того, учитывая гетерогенность информационных систем, следует учитывать возможные способы интеграционного взаимодействия для максимального сохранения данных и методов их обработки.

Методы

В ходе работы над исследованием большое внимание было уделено работе со статистическими источниками, осуществлялся анализ научных публикаций по теме исследования, а также была изучена специализированная литература. Результатом стало обобщение способов интеграционного взаимодействия гетерогенных информационных систем в компаниях рассматриваемой отрасли.

Результаты и обсуждение

Гетерогенные системы представляют собой набор разнородных элементов, которые функционируют совместно для достижения общей цели. В контексте информационных технологий гетерогенные системы включают в себя различные аппаратные и программные компоненты, которые могут быть произведены разными производителями и работать на разных платформах. Интеграция таких систем является сложной задачей, требующей тщательного планирования и координации.

Одна из основных проблем, связанных с интеграцией гетерогенных систем, заключается в обеспечении совместимости между различными компонентами, что включает в себя согласование форматов данных, протоколов связи и интерфейсов. Например, если одна система использует XML для передачи данных, а другая использует JSON, то необходимо обеспечить преобразование одного формата в другой.

Для решения этой проблемы используются различные методы и инструменты. Одним из наиболее распространенных подходов является использование промежуточного программного обеспечения (middleware), которое служит посредником между различными компонентами системы. Middleware может обеспечивать преобразование форматов данных, синхронизацию операций и управление доступом к ресурсам.

Другим подходом является использование стандартных протоколов и интерфейсов, таких как SOAP (Simple Object Access Protocol) или RESTful API (Representational State Transfer Application Programming Interface). Эти стандарты позволяют различным компонентам системы общаться друг с другом без необходимости глубокого понимания внутренней структуры каждой системы.

ИТ-решения в рамках цифровизации проектирования и строительства традиционно отличаются большим количеством гетерогенных информационных систем, то есть разнородных систем, не поддерживающих бесшовные интеграционные решения и содержащих, соответственно, разнородные данные (данные, имеющие различную структуру). Эта особенность обусловлена специфическими особенностями отраслевых ИТ-решений:

— наличие выраженной стадийности от разработки моделей и плоских чертежей до контроля производства работ;

— обеспечение каждой стадии специфическим комплексом программных продуктов и информационных систем;

— отсутствие полновесной системы требований к элементам информационных моделей, так как реализация национальных проектов еще не завершена.

Как правило, проблема разнородных комплексов программных средств и данных разрешалась несколькими способами: формирование интеграционных решений или переход на линейку однородных информационных систем (модулей, программных продуктов от конкретного вендора, как правило имеющих единые форматы данных и каталоги элементов) [6]. Каждый из подходов имеет достоинства и недостатки: так, переход на новый программный комплекс может представляться наиболее дорогим вариантом, окупаемым в длительной перспективе; к недостаткам интеграционных решений можно отнести не всегда предсказуемый вариант готового ИТ-решения, длительность и сложность разработки. При этом, качественно выполненный вариант интеграционной кастомизации может максимально участь требования заказчика и решить дополнительные задачи.

Как было отмечено выше, многие компании, помимо сложностей с выбором подхода создания единых информационных сред, вынуждено переживают процессы импортозамещения. Таким образом, имеют место 2 процесса: цифровизация и собственно импортозамещение. В случае, если компания строительной отрасли уже внедрила некоторые ИТ-решения, может потребоваться переход на отечественные программные продукты с сохранением накопленных данных. По мнению авторов, оптимальным вариантом в такой ситуации может стать разработка интеграционного модуля, способного решить сразу и задачу переноса данных из исторической системы, и обеспечить обмен данными с другими экземплярами программных модулей ИТ-решения.

Разработка интеграционного решения должна производиться после тщательного анализа комплекса информационных систем и программных продуктов в организации, а также перечня решаемых задач. Состав элементов интеграционного модуля на уровне программного обмена данными может варьироваться в зависимости от выбранного способа обмена данными, как правило, это веб-сервисы, API (англ. Application Programming Interface — программный интерфейс приложения), XML-файлы. Система-источник либо по расписанию, либо по запросу формирует пакет данных для передачи в систему-приемник. В интеграционном модуле на сервере обмена данными производится обработка и трансформация данных под структуру базы данных системы-приемника. Основной задачей в данном случае будет определение состава реквизитов передаваемых пакетов данных и формирование правил трансформации этих реквизитов под систему-приемник [7].

В качестве примера подобной реализации можно привести интеграционное решение в рамках проекта перехода на отечественную систему управления строительными проектами (далее – ИСУП) 1С: Бит Строительство. В данном случае логика формирования модуля-интегратора преследует важную цель: обеспечить бесперебойную работу сотрудников в период замены исторической системы иностранного вендора на отечественный программный комплекс в составе ИСУП и учетной системы (рис. 2).

Рисунок 2. Организация потоков данных между гетерогенными ИС

Интеграция через веб-сервисы является одним из наиболее популярных методов, применяемых для гетерогенных систем. Веб-сервисы представляют собой стандартный способ взаимодействия между различными приложениями через Интернет, основаны на протоколе HTTP и используют XML для передачи данных.

Одним из ключевых преимуществ веб-сервисов является их открытость и стандартизация. Веб-сервисы могут быть легко интегрированы с любым приложением, которое поддерживает HTTP и XML, что делает их идеальным выбором для интеграции гетерогенных систем. При этом, для удобства пользователя интерфейсные решения по обращению к веб-сервису могут быть разработаны на разных языках программирования и платформах, которые поддерживают интегрируемые ИС.

Немаловажным является вопрос информационной безопасности, высокий уровень которой обеспечивают интеграционные решения на базе веб-сервисов, так как для шифрования данных применяются SSL/TLS. Кроме того, веб-сервисы обеспечивают высокую масштабируемость и надежность: они могут быть развернуты на нескольких серверах для распределения нагрузки и обеспечения высокой доступности.

В приведенном выше примере отработку веб-сервиса обеспечивает XML, через структуру которого передаются сами данные. При этом, для сотрудника работа реализуется через интерфейс модуля продуктов 1С, историческая же система выступает хранилищем данных по реализуемым проектам, которые при необходимости подгружаются в новый комплекс по запросу на получение данных (от модуля продуктов 1С через веб-сервис к исторической системе). Параллельно, силами технических специалистов может быть обновлен контур инфраструктуры компании, силами администраторов системы выполнен перенос данных по уже завершенным проектам для формирования базы знаний. Данный подход – параллельное использование исторической системы и переход на новое отечественное программное обеспечение через интеграционное решение - обеспечивает достижение целей цифровизации и импортозамещения в рамках реализации единой задачи соответствующего ИТ-проекта. Со временем историческая система будет выведена из ИТ-контура компании, а интеграционный модуль может быть адаптирован под новую задачу.

При проектировании интеграционного решения на базе веб-сервиса основное внимание должно быть уделено построению модели данных и обменных форм (представленных в виде таблиц сопоставления полей интегрируемых систем). При этом определяется состав полей, которыми будут обмениваться системы. В случае, если в системе-приёмнике данных отсутствуют поля для записи, следует предусмотреть их создание и соответствующие типы данных для этих полей. Структура таблицы сопоставления при проектировании модели данных может выглядеть так, как иллюстрирует пример ниже (табл. 1).

Таблица 1
Пример таблицы сопоставления данных при проектировании интеграционного решения [составлено автором]

№ пп	Данные в системе-источнике	Тип поля в системе источнике	Данные в системе-приемнике	Тип поля в системе-приемнике
1	Вид работ	Activity_Type, тип «string»	Тип проектной задачи	ProjectTaskType, тип поля «строка»
2	Наименование операции	Activity_name, тип «string»	Проектная задача	ProjectTask, тип поля «строка»
N	…	…	…	…

Таким образом, интеграция гетерогенных систем является сложной задачей, но существуют различные методы и инструменты, которые могут помочь в ее решении. Важно тщательно планировать процесс интеграции и выбирать подходящие методы и инструменты для конкретной ситуации.

Цифровизация строительной отрасли в текущих реалиях становится достаточно интересной прикладной задачей за счет двух векторов: собственно, цифровизации и необходимого импортозамещения [10, 11]. Данный аспект влечет за собой возрастающую роль грамотных интеграционных решений, позволяющих не только создавать единые ИТ-решения, но и переносить данные из исторических систем в отечественные программные решения в переходном периоде.

Литература

1. Федеральный проект «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/ (дата обращения: 01.06.2026)
2. НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ЭКОНОМИКА ДАННЫХ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОСУДАРСТВА» [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/Mfmc7JI8A90E7KVfowedDeshpshSGNYt.pdf (дата обращения: 03.06.2026)
3. Стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 дек. 2021 г. № 3883-р // Собрание законодательства РФ. 2022. № 1, ч. 4. Ст. 364 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403224504/?ysclid=mcw15lsa84228982558 (дата обращения: 01.06.2026)
4. Демченко С.А., Демченко А.О. Тенденции информационного моделирования инвестиционных проектов в период цифровой трансформации промышленных отраслей // В книге: Технологические тренды и наукоемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы. Коллективная монография. Под редакцией О.Н. Кораблевой [и др.]. Санкт-Петербург, 2021. С. 67-74. EDN: LOLWLZ
5. Norets N.K. Directions of digitalization of construction production / N.K. Norets // Economics of Construction and Nature Management. -2022. - № 4 (85). - С. 5-12. EDN: PVDHPZ
6. Спиридонова А.В., Спиридонов С.И., Демченко С.А. Тенденции разработки ИТ-решений для оптимизации взаимодействия участников проектной деятельности при реализации инвестиционных проектов // В сборнике: Молодежные исследования и инициативы в науке, образовании, культуре, политике. Сборник материалов XVI Всероссийской молодёжной научно-практической конференции с международным участием. Биробиджан, 2021. С. 56-58. EDN: IBWWCV
7. Барабанова М.И., Газуль С.М., Глушкова Р.В., Демченко С.А., Макарчук Т.А., Трофимова Е.В. Информационные системы и цифровые технологии: учебное пособие-практикум в 2-х частях / Том Часть 2. Санкт-Петербург, 2021. – 217 с. EDN: UDNDDZ
8. Трофимов В.В., Минаков В.Ф., Трофимова Л.А., Шаныгин С.И., Кияев В.И., Ильина О.П., Макарчук Т.А., Барабанова М.И., Путькина Л.В., Газуль С.М., Демченко С.А., Чунин С.А., Мешкова Я.Р. СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦИФРОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ. Санкт-Петербург, 2022. EDN: ZEROET
9. Петров А. М., Марков В. А. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства»: от концепции к реализации // Экономические науки: журнал. — 2024. — Октябрь (т. 239, № 10). — С. 175—186. EDN: GKHWJR
10. Макарчук Т.А., Демченко А.О., Демченко С.А. Цифровизация аналитики договорных отношений компании// Инновации и инвестиции. 2025. № 2. С. 165-169. EDN: LQPWZT
11. Calabrese A. et al. Industry's 4.0 transformation process: how to start, where to aim, what to be aware of//Production Planning & Control. - 2022. - Vol. 33. - №. 5. - Pp. 492-512. DOI: 10.1080/09537287.2020.1830315

Approaches to integration of information systems in construction industry companies in the context of import substitution

Demchenko A.O., Sokolova D.Y., Sokolov D.V.
Saint-Petersburg State University of Economics

Import substitution processes have caused significant difficulties in companies in industrial sectors, where the main business processes are usually supported by a set of information systems and technologies based on large arrays of heterogeneous data. The transition to new software requires time, resource and financial costs to meet the needs of companies, including the construction industry. This article examines the main aspects of integrating heterogeneous information systems in the construction industry; provides prerequisites and options for switching to domestic software products within the import substitution process; and presents expected results and forecasts for using the proposed implementations.

Keywords: heterogeneous information systems, digitalization, Industry 4.0, import substitution, digital transformation.

References

1. Federal Project “Digital Public Administration” within the National Programme “Digital Economy of the Russian Federation” [online resource]. — Available at: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/ (accessed: 01.06.2026).
2. National Project “Data Economy and Digital Transformation of the State” [online resource]. — Available at: http://static.government.ru/media/files/Mfmc7JI8A90E7KVfowedDeshpshSGNYt.pdf (accessed: 03.06.2026).
3. Strategic Direction for the Digital Transformation of the Construction Industry, Urban Development, and Housing and Communal Services of the Russian Federation until 2030: approved by Order of the Government of the Russian Federation dated 27 December 2021 No. 3883-r // Collection of Legislation of the Russian Federation. 2022. No. 1, Part 4. Art. 364 [online resource]. — Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403224504/?ysclid=mcw15lsa84228982558 (accessed: 01.06.2026).
4. Demchenko S.A., Demchenko A.O. Trends in Information Modelling of Investment Projects during the Digital Transformation of Industrial Sectors // In: Technological Trends and Knowledge-Intensive Economy: Business, Industries, Regions. Collective monograph. Edited by O.N. Korableva et al. Saint Petersburg, 2021. Pp. 67–74. EDN: LOLWLZ.
5. Norets N.K. Directions of Digitalization of Construction Production / N.K. Norets // Economics of Construction and Nature Management. 2022. No. 4 (85). Pp. 5–12. EDN: PVDHPZ.
6. Spiridonova A.V., Spiridonov S.I., Demchenko S.A. Trends in Developing IT Solutions to Optimize Interaction Among Project Stakeholders in Investment Project Implementation // In: Youth Research and Initiatives in Science, Education, Culture, and Politics. Proceedings of the 16th All-Russian Youth Research and Practice Conference with International Participation. Birobidzhan, 2021. Pp. 56–58. EDN: IBWWCV.
7. Barabanova M.I., Gazul S.M., Glushkova R.V., Demchenko S.A., Makarchuk T.A., Trofimova E.V. Information Systems and Digital Technologies: Practical Training Manual in Two Parts / Volume 2. Saint Petersburg, 2021. 217 p. EDN: UDNDDZ.
8. Trofimov V.V., Minakov V.F., Trofimova L.A., Shanygin S.I., Kiyaev V.I., Ilyina O.P., Makarchuk T.A., Barabanova M.I., Putkina L.V., Gazul S.M., Demchenko S.A., Chunin S.A., Meshkova Ya.R. Cross-Cutting Technologies in Digital Ecosystems. Saint Petersburg, 2022. EDN: ZEROET.
9. Petrov A.M., Markov V.A. National Project “Data Economy and Digital Transformation of the State”: From Concept to Implementation // Economic Sciences: Journal. 2024. October (Vol. 239, No. 10). Pp. 175–186. EDN: GKHWJR.
10. Makarchuk T.A., Demchenko A.O., Demchenko S.A. Digitalization of Company Contractual Relationship Analytics // Innovations and Investments. 2025. No. 2. Pp. 165–169. EDN: LQPWZT.
11. Calabrese A. et al. Industry’s 4.0 Transformation Process: How to Start, Where to Aim, What to Be Aware Of // Production Planning & Control. 2022. Vol. 33. No. 5. Pp. 492–512. DOI: 10.1080/09537287.2020.1830315.

Индексный метод в анализе двусторонних торгово-экономических отношений

Егиазарян Альберт Робертович
аспирант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, albertyan699@gmail.com

В статье рассматривается применение индексного метода для анализа двусторонних торгово-экономических отношений. Акцент сделан на выявлении диспропорций во взаимном товарообмене и взаимозависимости торговли между двумя странами от внутреннего производства в этих странах. В качестве инструментов анализа предложено использовать в первом случае агрегированный индекс Грубеля-Ллойда, во втором - коэффициент эластичности взаимной торговли по средневзвешенному ВВП.
Ключевые слова: индексный метод, торгово-экономические отношения, индекс Грубеля-Ллойда, коэффициент эластичности, российско-армянская торговля, диспропорции внешней торговли.

Введение

Современная мировая экономика характеризуется нарастающей взаимозависимостью национальных хозяйств, углублением интеграционных процессов и перманентной трансформацией торговых потоков. В этих условиях анализ двусторонних торгово-экономических отношений приобретает значительную актуальность как инструмент выявления структурных дисбалансов, оценки устойчивости внешнеторговых связей, прогнозирования рисков и возможностей кооперации и т.д. Особую значимость приобретает выявление и мониторинг диспропорций во взаимном товарообмене - устойчивых нарушений баланса экспорта и импорта, которые способны дестабилизировать экономические отношения между странами. Хронический профицит у одной стороны и дефицит у другой ведут к целому спектру негативных последствий.

Теоретические основы

Актуальными и востребованными в указанном контексте представляются анализ и мониторинг эластичности двустороннего товарооборота по ВВП. В условиях экономической нестабильности анализ эластичности создает основу для выработки предположений о перспективах изменения товарооборота в зависимости от изменения ВВП, выявления устойчивых паттернов в торговых отношениях, оценки воздействия на двусторонний товарооборот внешних шоков и т.п.

Эффективным инструментом изучения упомянутых характеристик является индексный метод, позволяющий оценивать относительные изменения величин, даже выраженных разными единицами измерения, во времени, выявляя долгосрочные тенденции, циклические колебания и другие особенности динамики этих величин, и представлять результаты анализа в наглядной и легко интерпретируемой форме.

Обратимся для начала к возможностям применения индексного метода для анализа диспропорций двусторонней торговли. Под диспропорциями в торговле между двумя странами понимаются устойчивые нарушения баланса и пропорций в товарообороте, которые ведут к перекосам во взаимных экономических отношениях. Наиболее резким проявлением дисбаланса является хронический профицит экспорта/импорта у одной страны и, соответственно, хронический дефицит импорта/экспорта у другой. Последствиями подобных диспропорций для страны с дефицитом торговли являются отток валюты, рост внешнего долга, зависимость от импорта критических товаров, для стран с профицитом - риск ответных мер. К системным эффектам следует отнести уязвимость к шокам цен на ключевые товары, снижение диверсификации экономики.

Актуальность мониторинга диспропорций обусловлена фундаментальной взаимозависимостью торговой сбалансированности и макроэкономической устойчивости. Структурные перекосы в двусторонней торговле формируют комплекс рисков, таких как усиление уязвимости к внешним шокам, снижение конкурентоспособности национальных производителей из-за асимметричной специализации, дестабилизации платежного баланса вследствие хронического торгового дефицита или избыточной концентрации экспорта. Одновременно диспропорции выступают индикаторами нераскрытого потенциала, сигнализируя о возможностях диверсификации, импортозамещения и углубления кооперации.

Методология исследования

Диспропорции в двусторонней торговле между странами можно характеризовать с помощью ряда показателей, которые отражают асимметрию и несбалансированность в торговых потоках.

В частности, наиболее простым показателем является сальдо торгового баланса - разница между экспортом и импортом между двумя странами за определенный период. Как показатель, исчисляемый в абсолютных величинах, малоприменим для сравнительных исследований. Гораздо информативнее в этом смысле коэффициент сбалансированности - отношение сальдо к общему товарообороту (сумме экспорта и импорта).

Количественная оценка заключается в сопоставлении показателей (одного или нескольких) развития двусторонних торгово-экономических отношений за период, начиная от момента, предшествующего началу кризиса, до момента его наибольшего развития. Но такой подход применим только для случаев относительно компактного во времени кризиса.

Для более простой и легко интерпретируемой оценки состояния двусторонних торгово-экономических отношений может быть использован индекс, полученный методом адаптации из других, широко применяемых при анализе внешнеэкономических отношений, индексов.

1. Одним из инструментов исследования диспропорций в двусторонней торговле является индекс Грубеля-Ллойда:

$GL_i = 1 - \frac{|X_i - M_i|}{X_i + M_i}$, (1)

где:

X_i – экспорт *i*-го товара или услуги;

M_i – импорт *i*-го товара или услуги

Индекс Грубеля-Ллойда служит инструментом для оценки уровня внутриотраслевой торговли конкретным товаром или услугой. Если индекс стремится к 1, то объемы экспорта и импорта близки, что говорит о развитой взаимной торговле в пределах отрасли. Индекс равен 0, если во взаимной торговле в пределах отрасли наличествует только экспорт или только импорт.

Если распространить вычисление составляющих индекса на товары всех отраслей, то X_i преобразуется в общий экспорт, M_i - в общий импорт, числитель выражения - во внешнеторговое сальдо, а знаменатель - во внешнеторговый оборот. В таком виде данный индекс, который может быть назван агрегированным индексом Грубеля-Ллойда, представляет собой удобный инструмент анализа состояния двустороннего экспортно-импортного сотрудничества в плане анализа диспропорций между странами.

Результаты исследования

В силу относительного характера индекс позволяет анализировать характер экспортно-импортных отношений во времени, а также сравнивать разные пары стран по степени диспропорций в торговле. Рост диспропорций во взаимной торговле приводит к росту дробной части выражения (1) и, соответственно, к уменьшению индекса. Напротив, при эквивалентном товарообмене между странами дробная часть стремится к нулю, а индекс - к 1. Рассчитав значения данного индекса за периоды торгово-экономических взаимоотношений двух стран как до, так и во время экономических кризисов, можно судить о влиянии кризисных ситуаций на межстрановые торговые диспропорции.

Этот индекс близок к индексу торгового баланса, определяемого отношением разницы экспорта и импорта (внешнеторгового сальдо) к сумме экспорта и импорта (внешнеторговому обороту). В отличие от него, агрегированный индекс Г-Л является более унифицированным, так как не зависит от знака экспортно-импортных диспропорций между Россией и Арменией, диапазон его значений ограничен меньшим диапазоном - от 0 до 1, в связи с чем более удобен в сравнительных исследованиях.

Применим полученный инструмент к анализу двусторонних торговых отношений России и Армении. На рис. 1 приведена динамика агрегированного индекса Грубеля-Ллойда для внешней торговли Армении с Россией и Армении со всеми странами мира, кроме России.

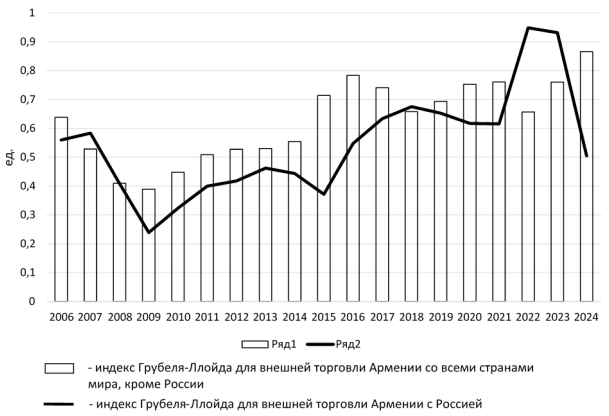


Рис. 1. Динамика агрегированного индекса Грубеля-Ллойда для внешней торговли Армении с Россией и Армении со всеми странами мира, кроме России (построено автором)

Минимум значения индекса, как для внешней торговли Армении с Россией, так и для внешней торговли Армении со всеми странами мира, за исключением России, пришелся на 2009 год, в последующие годы динамика индексов имела общую тенденцию к возрастанию, что свидетельствует о постепенном уменьшении диспропорций во внешней торговле Армении.

Абсолютная амплитуда колебаний интегрированного индекса Грубеля-Ллойда для торговли с Россией - от 0,24 до 0,95, для торговли с остальным миром - от 0,39 до 0,87. Кроме того, в большинстве случаев, значения индекса для торговли с остальным миром выше, чем значения индекса для торговли с Россией. Это свидетельствует о том, что степень неравенства торговли Армении с остальным миром, кроме России, в целом, ниже и стабильнее, чем степень неравенства торговли с Россией, более подверженной краткосрочным колебаниям. В меньшей степени на стабильности индекса торговли с остальным миром сказывается и влияние внешних шоков (2008-2009, 2014-2015, 2018-2020 гг.).

Общая тенденция увеличения индекса нарушается в кризисные периоды: кратковременные (2-3 года), но выраженные периоды снижения индекса Грубеля-Ллойда для торговли с Россией имеют место в 2008-2009, в 2014-2015, в 2019-2021 гг.

В динамике агрегированных индексов Грубеля-Ллойда выявляется существенная структурная трансформация. В период с 2006 по 2016 годы наблюдалась синхронная динамика индексов: колебания значений индекса для торговли Армении с Россией и торговли с остальными странами мира происходили в единой фазе. Однако, начиная с 2017 года фиксируется смена паттерна - индексы демонстрируют противофазную динамику: периоды снижения значения индекса Грубеля-Ллойда для российско-армянской торговли коррелируют с периодами роста аналогичного показателя для торговли Армении со всеми прочими странами, и наоборот.

Далее рассмотрим еще одну внешнеторговую характеристику. Взаимозависимость внешней торговли и внутреннего производства (ВВП) представляет собой двусторонний динамический процесс, в котором каждый из элементов одновременно выступает и фактором, и результатом воздействия. Рост ВВП инициирует комплекс изменений во внешнеторговой деятельности через следующие механизмы:

- расширение внутреннего спроса;
- укрепление производственного потенциала;
- валютно-ценовые эффекты;
- инвестиционная активность и технологическая модернизация.

В свою очередь, внешняя торговля воздействует на ВВП через ряд ключевых каналов:

- чистый экспорт как компонент совокупного спроса;
- приток иностранной валюты и макроэкономическая стабилизация;
- конкурентное давление и повышение эффективности;
- трансфер технологий и знаний.

Одним из факторов усиления взаимозависимости внешней торговли и ВВП является степень открытости экономики, то есть степень интеграции национальной экономической системы в мировую хозяйственную среду, при которой происходит активное взаимодействие с внешними рынками через торговлю, движение капитала, технологий, рабочей силы и информации.

С точки зрения торговли товарами для количественной оценки открытости экономики используются следующие показатели:

- экспортная квота (доля экспорта в ВВП);
- импортная квота (доля импорта во внутреннем потреблении);
- внешнеторговая квота (суммарный объем экспорта и импорта по отношению к ВВП);
- коэффициенты эластичности, показывающие, как изменяются объемы экспорта, импорта и в целом товарооборота от динамики ВВП.

Остановимся подробнее на последнем показателе. Коэффициент эластичности внешнеторгового оборота по отношению к ВВП определяется из следующего соотношения (2):

$K_{эл} = \frac{\Delta ВТО}{\Delta ВВП}$, (2)

где:

$K_{ЭЛ}$ - коэффициент эластичности внешнеторгового оборота по ВВП;

$\Delta ВТО$ - относительное изменение внешнеторгового оборота за период;

$\Delta ВВП$ - относительное изменение ВВП за тот же период.

Данный показатель отражает, на сколько единиц изменяется внешнеторговый оборот при изменении ВВП на 1 единицу и служит индикатором степени вовлеченности страны в мировую торговлю и чувствительности ее внешнеэкономического сектора к изменениям внутреннего производства. При коэффициенте $К_{ЭЛ}$, большем 1, экономика страны оценивается, как открытая для внешнеэкономических связей, в противном случае экономика оценивается как относительно замкнутая.

Недостаток показателя - внешнеторговый оборот является следствием развития экономик обеих стран.

Если в выражении (2) общий внешнеторговый оборот заменить на двусторонний с какой-либо страной, то рассматриваемый показатель будет характеризовать чувствительность к внутреннему производству не внешнеэкономического сектора страны в целом, а только в части внешнеэкономических отношений двух стран. При замене в знаменателе изменения ВВП страны на средневзвешенное изменение ВВП двух стран коэффициент эластичности внешнеторгового оборота страны по отно-

шения к ВВП трансформируется в коэффициент эластичности двустороннего внешнеторгового оборота по отношению к ВВП стран - участниц этого двустороннего внешнеэкономического сотрудничества, и будет служить индикатором чувствительности двустороннего внешнеторгового оборота к состоянию внутреннего производства обеих стран. Средневзвешенную величину необходимо использовать в силу возможной неравноценности изменения ВВП двух стран.

Формула (2) после предложенных преобразований примет следующий вид:

$$К_{ЭЛ.дв} = \frac{\Delta ВТО_{дв}}{\Delta ВВП_{ср.взв}}, (3)$$

где:

$К_{ЭЛ.ДВ}$ – коэффициент эластичности двустороннего внешнеторгового оборота по отношению к ВВП стран - партнеров;

$\Delta ВТО_{ДВ}$ – относительное изменение двустороннего внешнеторгового оборота за период;

$\Delta ВВП_{ср.взв}$ – относительное средневзвешенное изменение ВВП стран - партнеров, определяемого, в свою очередь, следующим образом (4):

$$\Delta ВВП_{ср.взв} = \delta(ВВП)_1 \text{ x } \Delta ВВП_1 + \delta(ВВП)_2 \text{ x } \Delta ВВП_2, (4)$$

где:

$\delta(ВВП)_1$ – доля страны 1 в общем ВВП;

$\Delta ВВП_1$ – относительное изменение ВВП страны 1 за период;

$\delta(ВВП)_2$ – доля страны 2 в общем ВВП;

$\Delta ВВП_2$ – относительное изменение ВВП страны 2 за период;

Полученный показатель (3) обладает значительным аналитическим потенциалом для исследования воздействия кризисных явлений на динамику двусторонних торгово-экономических отношений в контексте их связи с внутренним производством. Проведение сравнительного анализа значений данного показателя в контексте кризисов различной природы (финансовых, торговых, геополитических, пандемических и др.) позволяет: выявить специфику реакции торгово-экономического взаимодействия в каждом отдельном случае; установить степень устойчивости двусторонних связей к экзогенным шокам. Кроме того, мониторинг динамики указанного коэффициента в разрезе хронологически разграниченных периодов, характеризующихся разнородными условиями торгово-экономического взаимодействия, дает возможность:

- оценить эластичность внешнеторгового оборота по отношению к изменениям ВВП обеих стран - партнеров;

- измерить эффект институциональных трансформаций (заключение новых соглашений о расширенном сотрудничестве, вступление в интеграционные объединения и т.п.).

Примером такого применения коэффициента эластичности двустороннего внешнеторгового оборота по отношению к ВВП стран - партнеров является график на рис. 2. В данном случае странами - парнерами являются Россия и Армения.

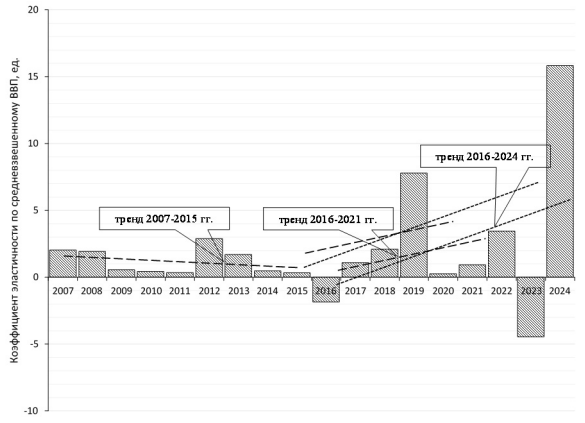


Рис. 2. Динамика коэффициента эластичности внешнеторгового оборота России и Армении по средневзвешенному ВВП (построено автором)

По графику динамики коэффициента эластичности внешнеторгового оборота России и Армении по средневзвешенному ВВП можно сделать ряд выводов о влиянии ВВП двух стран на их внешнеторговый оборот.

Прежде всего, если исходить из критерия открытости экономики $К_{ЭЛ} = 1$, то коэффициента эластичности внешнеторгового оборота России и Армении по средневзвешенному ВВП только в 8 случаях из 18 превышает этот критерий. Иными словами, эластичность внешнеторгового оборота России и Армении в целом за период 2007 - 2024 гг. оказалась ниже средней. Имели место даже два случая отрицательных значений коэффициента - в 2016 и 2023 гг. В эти годы внешнеторговый оборот увеличивался на фоне падения средневзвешенного ВВП.

Для выявления тенденций изменения эластичности за период до (2007- 2015 гг.) и после (2016 - 2024 гг.) вступления Армении в Евроазиатский экономический союз (ЕАЭС) было произведено сглаживание колебаний коэффициента эластичности линейными трендами. Характер наклона полученных трендов позволяет сделать вывод, что до интеграции Армении в ЕАЭС эластичность изменения внешнеторгового оборота по отношению к изменению средневзвешенного ВВП постепенно снижалась, с началом интеграционных процессов ситуация радикально изменилась. Даже если не принимать к расчету период 2022 - 2024 гг. с резко изменившимся характером товарооборота между двумя странами, то и в этом случае тенденция к росту связи между изменениями товарооборота и изменениями ВВП очевидна. Таким образом, после вступления Армении в ЕАЭС, ее внешнеторговый оборот с Россией стал более связан с объемом внутреннего производства двух стран.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулировать ряд выводов.

В качестве эффективного инструмента количественной оценки диспропорций двусторонней торговли между странами зарекомендовал себя индексный метод. В частности, агрегированный индекс Грубеля-Ллойда продемонстрировал свою результативность при анализе динамики российско-армянских торговых связей. Применение данного индекса позволило зафиксировать:

- постепенное снижение диспропорций во внешней торговле Армении после 2009 года;

- относительно большую стабильность торговли Армении с третьими странами в целом по сравнению с Россией;

- влияние кризисных периодов (2008-2009, 2014-2015, 2019-2021 гг.) на динамику индекса;

- структурную трансформацию с 2017 года, выразившуюся в противофазной динамике индексов для торговли с Россией и остальным миром.

Существенное значение имеет также исследование взаимозависимости внешней торговли между двумя странами и внутреннего производства в этих странах. Для количественной оценки этой взаимосвязи перспективным является коэффициент эластичности двустороннего внешнеторгового оборота по отношению к средневзвешенному ВВП стран-партнеров. Его применение к российско-армянским торгово-экономическим отношениям показало:

- относительно низкую среднюю эластичность за период 2007-2024 гг. (лишь в менее половины случаев коэффициент превышал единицу);

- наличие случаев роста товарооборота на фоне падения средневзвешенного ВВП (отрицательные значения коэффициента в 2016 и 2023 гг.);

- изменение тенденции до и после вступления Армении в Евразийский экономический союз: до 2015 года наблюдалась постепенно снижающаяся эластичность, а, начиная с 2016 года, имело место усиление связи между динамикой товарооборота и динамикой средневзвешенного ВВП.

Литература

1. Егоров К.П., Казора А.В., Федоренко К.А. Анализ двусторонних торгово-экономических отношений России и Китая, факторы, влияющие на них, индексная оценка двусторонней торговли / В сборнике: Новая экономика, бизнес и общество. Сборник материалов XII Апрельской научно-практической конференции молодых ученых. Владивосток, 2025. С. 394-398.

2. Курихин С.В. Эластичность внешнеторгового оборота по таможенной пошлине как категория теории экономики таможенного дела // Вестник МИРБИС. 2024. № 1(37). С. 164-172.

3. Ли Н. Российско-китайская торговля в условиях глобальных вызовов: динамика, проблемы и перспективы // Конфликтология / nota bene. 2025. № 3. С. 233-247. DOI: 10.7256/2454-0617.2025.3.75791

4. Липин А.С., Полякова О.В. Оценка интеграционных процессов в Едином экономическом пространстве на примере торговли товарами // Евразийская экономическая интеграция. 2014. № 1(22). С. 80-96.

5. Науменко Р.В. К вопросу о методике комплексной оценки двусторонних торгово-экономических связей стран // DOI 10.52957/22213260_2022_11_89. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2022 - №11. - С.89-100. - URL: http://www.theoreticaleconomy.ru (Дата публикации: 30.11.2022)

6. Полунин Ю.А., Юданов А.Ю. Метод анализа экономических процессов в условиях нестабильности (на примере анализа динамики выручки российских компаний) // Экономический журнал Высшей школы экономики 2020. Т.24. №4. С. 622-649.

7. Сахвадзе Г.Г. Комплексный индекс международной региональной интеграции: критерии оценки степени сотрудничества // Экономические отношения. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 593-614. – DOI https://doi.org/10.18334/eo.15.3.122982.

8. Фэн Т. Направления развития китайско-российского торгово-экономического сотрудничества в новых условиях // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14. № 7. С. 3887-3910.

9. Шацкая Э.Ш. Состояние и перспективы российско-индийского торгово-экономического сотрудничества в условиях глобальных вызовов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2025. № 2(88). С. 330-336.

10. Ялунина Е. Н., Матвеева А. И., Коротенко В. Э. Методика оценки степени взаимодействия стран по приоритетным направлениям социально-экономического развития национальных экономик // Бизнес. Образование. Право. 2024. № 4(69). С. 20-25.

11. Cuñat A., Zymek R. Bilateral Trade Imbalances // Review of Economic Studies. 2024. №91. P.1537–1583. https://gwern.net/doc/economics/2023-cunat.pdf

12. Musič S., Nuricič M.B. Examining the Degree of Foreign Trade Dependence and Its Influence on GDP Growth // International Business Research. 2021. 14(4). P.71. DOI:10.5539/ibr.v14n4p71

Index method in the analysis of bilateral trade and economic relations

Yeghiazaryan A.R.

Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article discusses the use of the index method for the analysis of bilateral trade and economic relations. The emphasis is placed on identifying imbalances in mutual trade and the interdependence of trade between the two countries on domestic production in these countries. It is proposed to use the aggregated Grubel-Lloyd index as analysis tools in the first case, and the coefficient of elasticity of mutual trade based on the weighted average GDP in the second case.

Keywords: index method, trade and economic relations, Grubel-Lloyd index, elasticity coefficient, Russian-Armenian trade, foreign trade imbalances.

References

1. Egorov K.P., Kazora A.V., Fedorenko K.A. Analysis of Bilateral Trade and Economic Relations between Russia and China, Factors Influencing Them, Index Assessment of Bilateral Trade / In the collection: New Economy, Business and Society. Collection of Materials of the XII April Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Vladivostok, 2025. pp. 394-398.

2. Kurikhin S.V. Elasticity of Foreign Trade Turnover for Customs Duty as a Category of the Theory of Customs Economics // MIRBIS Bulletin. 2024. No. 1 (37). pp. 164-172.

3. Li N. Russian-Chinese Trade in the Context of Global Challenges: Dynamics, Problems and Prospects // Conflictology / nota bene. 2025. No. 3. pp. 233-247. DOI: 10.7256/2454-0617.2025.3.75791

4. Lipin A.S., Polyakova O.V. Assessment of integration processes in the Single Economic Space on the example of trade in goods // Eurasian Economic Integration. 2014. No. 1 (22). P. 80-96.

5. Naumenko R.V. On the methodology for a comprehensive assessment of bilateral trade and economic relations between countries // DOI 10.52957/22213260_2022_11_89. - Text: electronic // Theoretical Economics. - 2022 - No. 11. - P.89-100. - URL: http://www.theoreticaleconomy.ru (Date of publication: 30.11.2022)

6. Polunin Yu.A., Yudanov A.Yu. Method of analyzing economic processes in conditions of instability (based on the analysis of revenue dynamics of Russian companies) // Economic Journal of the Higher School of Economics 2020. Vol. 24. No. 4. Pp. 622-649.

7. Sakhvadze G.G. Comprehensive index of international regional integration: criteria for assessing the degree of cooperation // Economic relations. - 2025. - Vol. 15, No. 3. - Pp. 593-614. - DOI https://doi.org/10.18334/eo.15.3.122982.

8. Feng T. Directions for the Development of Chinese-Russian Trade and Economic Cooperation in the New Conditions // Economy, Entrepreneurship and Law. 2024. Vol. 14. No. 7. Pp. 3887-3910.

9. Shatskaya E.Sh. The State and Prospects of Russian-Indian Trade and Economic Cooperation in the Context of Global Challenges // Scientific Notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. 2025. No. 2(88). Pp. 330-336.

10. Yalunina E.N., Matveeva A.I., Korotenko V.E. Methodology for Assessing the Degree of Interaction between Countries in Priority Areas of Socioeconomic Development of National Economies // Business. Education. Law. 2024. No. 4(69). Pp. 20-25.

11. Cuñat A., Zymek R. Bilateral Trade Imbalances // Review of Economic Studies. 2024. No. 91. P.1537–1583. https://gwern.net/doc/economics/2023-cunat.pdf

12. Musič S., Nuricič M.B. Examining the Degree of Foreign Trade De-pendence and Its Influence on GDP Growth // International Business Research. 2021. 14(4). P.71. DOI:10.5539/ibr.v14n4p71

Эффективность интеграции технологий искусственного интеллекта в управление производством предприятий легкой промышленности

Еромчик Матвей Сергеевич
аспирант, Московская международная академия, mieromchik@mail.ru,

Силакова Вера Владимировна
д.э.н., профессор, ГУУ, МУИВ кафедры менеджмента, МИУ, ММА, главный редактор журнала «Вопросы природопользования», зам главного редактора «Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт», vvsilakova@mail.ru

В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта в систему управления производством на предприятиях легкой промышленности. Анализируются современные подходы к цифровой трансформации производственных процессов, методы интеллектуального прогнозирования, автоматизации контроля качества и оптимизации материальных потоков. Предложена авторская модель оценки экономической эффективности внедрения систем искусственного интеллекта, приведены результаты моделирования на примере условного предприятия швейной отрасли. Особое внимание уделяется повышению производительности труда, сокращению производственных потерь и улучшению качества выпускаемой продукции. Обосновывается необходимость перехода от реактивной к прогнозной модели управления производством.
Ключевые слова: искусственный интеллект, легкая промышленность, цифровизация, управление производством, машинное обучение, автоматизация, эффективность производства, контроль качества, прогнозирование спроса.

Современное состояние легкой промышленности характеризуется высокой степенью конкурентной напряженности, сокращением жизненного цикла товаров и необходимостью оперативного реагирования на колебания потребительского спроса. Указанные условия формируют устойчивый запрос со стороны производственных предприятий на модернизацию систем управления, внедрение цифровых решений и интеллектуальных методов организации производственных процессов. Традиционные подходы к управлению, основанные преимущественно на ретроспективном анализе и линейном планировании, демонстрируют недостаточную эффективность в условиях динамично меняющейся рыночной конъюнктуры.

Технологии искусственного интеллекта в настоящее время рассматриваются как один из ключевых инструментов повышения операционной и экономической эффективности промышленных предприятий. Применение систем искусственного интеллекта позволяет автоматизировать процедуры планирования, прогнозирования, контроля качества и управления ресурсами, что особенно значимо для предприятий текстильной, швейной и обувной промышленности. Указанные подотрасли характеризуются многооперационностью производственных процессов, высокой долей ручного труда, существенной зависимостью от человеческого фактора и значительной сложностью логистических цепочек[1].

Целью настоящего исследования является оценка эффективности интеграции технологий искусственного интеллекта в систему управления производством предприятий легкой промышленности, а также анализ потенциальных экономических и организационных результатов такого внедрения. Достижение поставленной цели осуществляется посредством решения следующих задач: систематизация современных методов искусственного интеллекта, применимых в промышленном управлении; разработка системы показателей для оценки эффективности внедрения; построение прогнозной модели изменения производственных показателей на примере типового предприятия.

Под технологиями искусственного интеллекта в настоящей работе понимается совокупность вычислительных методов и алгоритмических решений, позволяющих автоматизировать выполнение когнитивных задач, традиционно требующих участия человека. К числу таких задач относятся анализ структурированных и неструктурированных данных, прогнозирование временных рядов, распознавание образов, поддержка принятия решений, самообучение на основе накопленных массивов информации, а также роботизация повторяющихся операций.

Как верно отмечает Калиновская, И. Н., в современной научной литературе выделяется несколько наиболее активно развивающихся направлений искусственного интеллекта применительно к промышленности. Машинное обучение, включая методы глубокого обучения, используется для анализа больших объемов производственных данных и построения прогнозных моделей. Компьютерное зрение применяется для автоматического распознавания дефектов продукции, контроля соблюдения технологических параметров и идентификации объектов на производственной линии. Нейросетевые архитектуры позволяют выявлять неочевидные закономерности в многомерных наборах данных, что особенно ценно для оптимизации сложных производственных систем. Роботизированные комплексы, управляемые алгоритмами искусственного интеллекта, обеспечивают автоматизация физических операций. Экспертные системы, в свою очередь, предоставляют лицам, принимающим решения, обоснованные рекомендации в области управления запасами, логистикой и распределением производственных мощностей[2].

Концепция «умного производства», в рамках которой оборудование, программное обеспечение и аналитические платформы функционируют как единая интеллектуальная экосистема, базируется именно на технологиях искусственного интеллекта. Для предприятий легкой промышленности характерен ряд специфических особенностей, обусловливающих высокий потенциальный эффект от внедрения таких решений. К числу указанных особенностей относятся высокая вариабельность ассортимента, выраженная сезонность спроса, значительный объем ручных операций, жесткие требования к качеству швейных и текстильных изделий, а также существенные логистические издержки, связанные с многозвенностью цепочек поставок. Традиционные методы управления, как показывает практика, не всегда позволяют оперативно адаптироваться к

изменениям рыночных условий. Следствием этого становятся избыточные складские запасы, простой производственного оборудования, ошибки в календарном планировании и, как результат, увеличение себестоимости выпускаемой продукции. Использование систем искусственного интеллекта позволяет минимизировать перечисленные проблемы благодаря интеллектуальной обработке больших массивов данных в режиме, приближенном к реальному времени[3].

Интеллектуальное управление производством представляет собой систему, в которой управленческие решения формируются на основе непрерывного анализа данных о ходе производственного процесса, состоянии оборудования, движении материальных запасов и изменении спроса. Основными компонентами такой системы являются подсистемы сбора данных (включая датчики интернета вещей и производственные информационные системы), хранения и предварительной обработки информации, аналитического моделирования (с использованием алгоритмов машинного обучения) и интерфейсов поддержки принятия решений. Эффективность интеллектуальной системы определяется скоростью обработки информации, точностью прогнозов и качеством формируемых рекомендаций.

Одной из наиболее востребованных групп методов искусственного интеллекта в управлении производством является машинное обучение. Соответствующие алгоритмы позволяют на основе анализа исторических данных о продажах, сезонности, макроэкономических показателях и других факторах строить прогнозы относительно будущих объемов спроса, необходимой загрузки производственных мощностей, потребности в сырьевых ресурсах. В частности, модели линейной регрессии могут использоваться для прогнозирования оптимального объема производства исходя из прогнозного спроса, при этом коэффициенты модели подбираются на основе минимизации ошибки на исторических данных[4, 5].

Применение алгоритмов прогнозирования на предприятиях легкой промышленности позволяет снизить уровень перепроизводства, уменьшить объем складских остатков и, соответственно, сократить затраты на хранение и иммобилизацию оборотного капитала. Наиболее точные результаты достигаются при использовании ансамблевых методов машинного обучения, таких как случайный лес или градиентный бустинг, которые способны учитывать нелинейные зависимости между факторами.

Контроль качества продукции традиционно является одной из наиболее сложных и трудоемких задач в легкой промышленности. Системы компьютерного зрения, обученные на размеченных наборах изображений качественных и дефектных изделий, способны в автоматическом режиме обнаруживать дефекты ткани, нарушения геометрии швов, отклонения цветовых характеристик, повреждения материалов. Согласно данным прикладных исследований, точность современных систем компьютерного зрения при решении задач контроля качества достигает девяноста пяти — девяноста восьми процентов, что существенно превышает показатели ручного контроля, составляющие в среднем восемьдесят пять — девяносто процентов при значительно более высокой вариабельности.

Сравнительный анализ ручного и автоматизированного контроля качества позволяет выделить следующие преимущества систем искусственного интеллекта. Скорость проверки у автоматизированных систем значительно выше, вероятность пропуска дефекта ниже, затраты на оплату труда контролеров сокращаются, кроме того, системы способны функционировать в непрерывном режиме без снижения внимания, свойственного человеку. Указанные преимущества особенно значимы для крупносерийного производства, где контроль каждой единицы продукции вручную экономически нецелесообразен[6].

Технологии искусственного интеллекта активно интегрируются также в системы роботизации производственных процессов. На предприятиях легкой промышленности роботизированные комплексы, оснащенные элементами компьютерного зрения и алгоритмами планирования движений, применяются для автоматического раскроя тканей, сортировки готовой продукции, упаковки изделий и транспортировки материалов между производственными участками. Роботизация позволяет сократить длительность производственного цикла, снизить влияние человеческого фактора, повысить повторяемость и точность операций, а также уменьшить число травм на производстве[7].

Для эффективного функционирования систем искусственного интеллекта необходимы большие массивы данных о производственных процессах. На предприятиях легкой промышленности источниками таких данных выступают корпоративные информационные системы класса ERP (планирование ресурсов предприятия), производственные исполнительные системы MES, платформы управления взаимоотношениями с клиентами CRM, а также датчики интернета вещей, установленные на оборудовании. Обработка больших данных с использованием методов интеллектуального анализа позволяет выявлять скрытые закономерности, оптимизировать производственные графики и своевременно обнаруживать предпосылки к возникновению отклонений.

Оценка эффективности внедрения технологий искусственного интеллекта базируется на системе экономических и производственных показателей. Ключевыми критериями выступают производительность труда, рентабельность, уровень брака и коэффициент автоматизации. Производительность труда определяется отношением объёма выпуска к трудозатратам; её рост свидетельствует о повышении эффективности использования персонала. Рентабельность отражает отношение прибыли к полным затратам. Снижение брака рассчитывается как доля дефектных изделий в общем выпуске. Коэффициент автоматизации показывает долю операций, выполняемых автоматизированными системами. Согласно обобщённым данным отраслевых исследований, внедрение систем искусственного интеллекта на предприятиях лёгкой промышленности в среднем обеспечивает увеличение производительности труда на 20–40%, сокращение простоев оборудования на 15–30%, снижение уровня брака до 50%, а также уменьшение логистических и складских расходов на 10–20%[8, 9].

Для иллюстрации эффекта от внедрения искусственного интеллекта рассматривается условное российское швейное предприятие среднего масштаба, выпускающее корпоративную и школьную одежду. До цифровой трансформации предприятие функционировало по традиционной схеме: численность персонала — 420 человек, суточный выпуск — 1200 единиц, высокая доля ручного труда, визуальный контроль качества, планирование на основе экстраполяции прошлых периодов[10].

В результате наблюдались системные проблемы: брак достигал 13%, ошибки прогнозирования вели к избыточным складским запасам, простои оборудования составляли 17%, обработка данных была замедленной, логистика — неэффективной. В качестве решения предложено внедрение интеллектуальной системы управления, включающей прогнозирование спроса на основе машинного обучения, компьютерное зрение для контроля качества, роботизированные комплексы для раскроя и сортировки, а также интеграцию с корпоративной информационной системой. Прогнозные показатели после внедрения: уровень брака снижается до 5%, суточная производительность возрастает до 1580 единиц (рост на 32%), время простоев сокращается до 8%, точность прогнозирования спроса повышается с 65% до 90%, складские запасы уменьшаются до 73% от исходного уровня. Годовая прибыль увеличивается с 85 до 112 млн рублей, темп прироста прибыли составляет 31,8%. Помимо экономического эффекта (снижение потерь, рост рентабельности, сокращение затрат на хранение), достигается организационный эффект: ускорение принятия решений, повышение прозрачности управления, автоматизация рутинных операций, улучшение контроля. Наиболее значимым результатом становится переход от реактивной модели управления к прогнозной, основанной на непрерывном мониторинге параметров и раннем обнаружении аномалий.

Несмотря на начальный этап цифровизации большинства российских предприятий лёгкой промышленности, внедрение искусственного интеллекта становится критическим фактором конкурентоспособности. Перспективными направлениями являются интеллектуальные производственные линии, цифровые двойники, автоматизированные системы управления цепочками поставок, роботизированные комплексы и глубокая интеграция ИИ с ERP- и MES-системами[11, 12].

Таким образом, интеграция технологий искусственного интеллекта в управление производством предприятий легкой промышленности представляет собой экономически обоснованное и организационно целесообразное направление цифровой трансформации отрасли. Проведенный анализ подтверждает, что внедрение систем машинного обучения, компьютерного зрения и роботизации позволяет повысить производительность труда, снизить уровень брака, оптимизировать логистические издержки и обеспечить переход от реактивной к прогнозной модели управления. Для российской легкой промышленности, находящейся на начальном этапе цифровизации, развитие интеллектуальных производственных систем становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности и операционной устойчивости в условиях динамично меняющейся рыночной среды.

Литература

1. И. Н. Калиновская, А. О. Завьялова Направления использования искусственного интеллекта в организации производства на предприятиях легкой промышленности // Материалы и технологии. 2020. №1 . URL: https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-ispolzovaniya-iskusstvennogo-intellekta-v-organizatsii-poizvodstva-na-predpriyatiyah-legkoy-promyshlennosti (дата обращения: 26.05.2026).

2. Калиновская, И. Н. Использование искусственного интеллекта в маркетинговых исследованиях поведения потребителей / И. Н. Калиновская, Н. В. Дунец, М. С. Масейко // Молодой ученый. - 2018. -№ 33 (219). - С. 42-45.

3. Даречкин, В. М. Внедрение искусственного интеллекта в производственный цикл предприятий лёгкой промышленности и его социально-экономические последствия [Электронный ресурс] / В. М. Даречкин // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. - 2019. - №4.

4. Тюменев У.Т., Печеная Л.Т. Искусственный интеллект в легкой промышленности России: перспективы и реалии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025 Том 15 № 12А. С. 389-401.

5. Ларионова М.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ / М.А. Ларионова, В.Н. Бабешко // Международный научный журнал. — 2021. — №7 (109). — URL: [object Object] (Дата обращения 26.05.2026).

6. Москвитин, А. Д. Внедрение технологий искусственного интеллекта в основные функции автоматизированных систем управления производством: сравнительный анализ / А. Д. Москвитин // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 5. – С. 3095-3110.

7. Изотова А.Г., Комолова Т.О., Близнова А.С. Методы цифровой трансформации и внедрения искусственного интеллекта на производства // Аллея науки. – 2020. – № 4. – с. 188-192.

8. Калиновская И.Н., Завьялова А.О. Направления использования искусственного интеллекта в организации производства на предприятиях легкой промышленности // Материалы и технологии. – 2020. – № 1. – с. 50-56.

9. Назарова, В. А. Искусственный интеллект в пищевой промышленности: современные вызовы и перспективы / В. А. Назарова, А. Ю. Назаров. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2025. — № 7 (558). — С. 7-10.

10. Гальцев А.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ // Universum: экономика и юриспруденция : электрон. научн. журн. 2025. 10(132). URL: https://7universum.com/ru/economy/archive/item/20843 (дата обращения: 26.05.2026).

11. Антонова И.И., Смирнов В.А., Ефимов М.Г. Интеграция искусственного интеллекта в ERP-системы: достоинства, недостатки и перспективы. Russian Journal of Economics and Law. 2024;18(3):619-640.

12. Астраханский А. Ю., Астраханский А. А. Возможности применения искусственного интеллекта в современных технологиях лёгкой промышленности // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2025. № 18.

The effectiveness of the integration of artificial intelligence technologies into the production management of light industry enterprises

Eromchik M.S., Silakova V.V.

Moscow International Academy, State University of Management, Moscow International University, Moscow Medical Academy

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article discusses the theoretical and applied aspects of the introduction of artificial intelligence technologies into the production management system at light industry enterprises. Modern approaches to the digital transformation of production processes, methods of intelligent forecasting, automation of quality control and optimization of material flows are analyzed. An author's model for assessing the economic efficiency of implementing artificial intelligence systems is proposed, and modeling results are presented using the example of a conventional garment industry enterprise. Special attention is paid to increasing labor productivity, reducing production losses and improving the quality of products. The necessity of transition from a reactive to a predictive production management model is substantiated.

Keywords: artificial intelligence, light industry, digitalization, production management, machine learning, automation, production efficiency, quality control, demand forecasting.

References

1. I. N. Kalinovskaya, A. O. Zavyalova, "Directions for Using Artificial Intelligence in Organizing Production at Light Industry Enterprises," Materials and Technologies. 2020, No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-ispolzovaniya-iskusstvennogo-intellekta-v-organizatsii-poizvodstva-na-predpriyatiyah-legkoy-promyshlennosti (Accessed: 26.05.2026).

2. I. N. Kalinovskaya, "Using Artificial Intelligence in Marketing Research of Consumer Behavior," Young Scientist. 2018, No. 33 (219), pp. 42-45. 3. Darechkin, V. M. Implementation of Artificial Intelligence in the Production Cycle of Light Industry Enterprises and its Socio-Economic Consequences [Electronic Resource] / V. M. Darechkin // Management of Economic Systems: Electronic Scientific Journal. - 2019. - No. 4.

4. Tyumenev U. T., Pechenaya L. T. Artificial Intelligence in the Light Industry of Russia: Prospects and Realities // Economy: Yesterday, Today, Tomorrow. 2025 Vol. 15 No. 12A. P. 389-401.

5. Larionova M. A. PROSPECTS FOR USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE LIGHT INDUSTRY / M. A. Larionova, V. N. Babeshko // International Scientific Journal. - 2021. - No. 7 (109). — URL: [object Object] (Accessed 26.05.2026).

6. Moskvitin, A. D. Implementation of Artificial Intelligence Technologies in the Basic Functions of Automated Production Control Systems: A Comparative Analysis / A. D. Moskvitin // Economy, Entrepreneurship and Law. - 2025. - Vol. 15, No. 5. - Pp. 3095-3110.

7. Izotova A.G., Komolova T.O., Bliznova A.S. Methods of Digital Transformation and Implementation of Artificial Intelligence in Production // Alley of Science. - 2020. - No. 4. - Pp. 188-192.

8. Kalinovskaya I.N., Zavyalova A.O. Directions for Using Artificial Intelligence in Organizing Production at Light Industry Enterprises // Materials and Technologies. – 2020. – No. 1. – p. 50-56.

9. Nazarova, V. A. Artificial Intelligence in the Food Industry: Modern Challenges and Prospects / V. A. Nazarova, A. Yu. Nazarov. — Text: direct // Young Scientist. — 2025. — No. 7 (558). — P. 7-10.

10. Gal'tsev A. A. Prospects for integration of artificial intelligence technologies into the strategic development of manufacturing companies // Universum: economics and jurisprudence: electronic. scientific journal. 2025. 10(132). URL: https://7universum.com/ru/economy/archive/item/20843 (accessed: 26.05.2026).

11. Antonova I.I., Smirnov V.A., Efimov M.G. Integration of artificial intelligence into ERP systems: advantages, disadvantages, and prospects. Russian Journal of Economics and Law. 2024;18(3):619–640.

12. Astrakhansky A.Yu., Astrakhansky A.A. Possibilities of applying artificial intelligence in modern technologies of light industry // Automated design in mechanical engineering. 2025. No. 18.

Методика оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации

Жихарев Егор Александрович
Независимый исследователь, zhiharev.egor@gmail.com

Цель исследования — разработка модели оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации. Материалы исследования включают научные труды в области инноваций в здравоохранении, диагностической визуализации, искусственного интеллекта в медицине, систем поддержки принятия врачебных решений, цифровой инфраструктуры медицинской организации, оценки затрат, управления ресурсами и маршрутизации пациентов. В статье использованы методы структурного и сравнительного анализа, систематизации научной литературы и показателей организационно-экономической эффективности, а также моделирования. Результат: разработана модель оценки внедрения инновационных решений диагностической визуализации, включающая организационную готовность медицинской организации, систему финансовых, процессных, ресурсных, диагностических, организационных, информационных показателей и показателей риска, расчёт прямых и косвенных эффектов, путь клиента и интегральную оценку внедрения решений. Выводы: а) оценка организационно-экономической эффективности должна рассматриваться как часть управленческого выбора медицинской организации; б) сопоставление затрат, сроков обследования, использования ресурсов и качества диагностического решения повышает обоснованность внедрения инновационных решений; в) предложенная модель помогает руководству медицинской организации оценивать клиническую ценность, ресурсную отдачу и риски эксплуатации технологии и вносит вклад в развитие методического обеспечения технологического обновления диагностического подразделения.

Ключевые слова: организационно-экономическая эффективность, инновационные решения, диагностическая визуализация, медицинская организация, технологическое обновление.

Введение

Согласно данным Всемирной статистики здравоохранения [1] и последним тенденциям и перспективам ОЭСР в области расходов на здравоохранение на 2026 год [2], современные системы здравоохранения входят в период роста потребности в надёжных данных, управленческой оценке и соблюдении финансовых обязательств, что усиливает значимость решений, влияющих на диагностику, маршрутизацию пациентов и расходование ресурсов. Диагностическая визуализация относится к направлениям, в которых технологическое обновление быстро меняет работу медицинской организации – цифровые рентгенологические системы, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, PACS/RIS (PACS – система архивирования и передачи медицинских изображений, RIS – радиологическая информационная система; далее – PACS/RIS), системы поддержки врачебных решений и сервисы искусственного интеллекта (далее – ИИ) меняют сроки подготовки заключений, загрузку оборудования, структуру трудозатрат врача-рентгенолога и качество диагностического процесса [3]. Для современной медицинской организации ключевое значение имеет доказанное соотношение затрат, клинической ценности, скорости обследования и управленческой полезности инновационных решений диагностической визуализации.

Практический опыт автора как врача-рентгенолога, связанный с интерпретацией рентгенологических исследований и компьютерной томографии, участием в уточнении диагноза и ведении пациентов, позволяет рассматривать диагностическую визуализацию в качестве рабочего процесса медицинской организации с учётом клинических, кадровых, информационных и экономических последствий. Для управленческой оценки необходимы показатели трудоёмкости описания, времени ожидания, повторных исследований, потока пациентов, загрузки оборудования, дополнительных диагностических случаев и изменения доходной части. Например, похожая структура расчёта представлена в модели возврата инвестиций для ИИ-платформы радиологического профиля [4]. Однако в российской практике экономическая и социальная эффективность инновационных методов часто остаются наименее проработанными частями управленческой оценки [5-6].

Научная проблема заключается в недостаточной методической определённости оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации, которая осложняет сопоставление клинической результативности ИИ-сервисов, цифровых систем визуализации и управленческих решений о закупке, интеграции, кадровой подготовке и дальнейшей эксплуатации. В связи с этим целесообразно учитывать показатели точности диагностики, производительности, сроков описания, использования ресурсов, затрат на внедрение, рисков эксплуатации и влияния внедрения инновационных решений диагностической визуализации на путь (маршрутизацию) пациента [7]. Цель статьи — разработать модель оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации.

Результаты и обсуждение

В отраслевой экономике здравоохранения эффективность инноваций, как правило, раскрывается как соотношение ресурсов, изменений в организации медицинской помощи и результата для пациента. В условиях роста расходов, кадрового дефицита и технологического усложнения диагностики руководству медицинской организации требуется измеримая оценка того, как инновационное решение влияет на качество, сроки, затраты и работу персонала. В этом смысле инновация в здравоохранении ценна тогда, когда она усиливает клиническую результативность и способствует сохранению экономической жизнеспособности оказания медицинской помощи, особенно на региональном уровне [7]. Теоретическое основание оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации связано с анализом её реального вклада в деятельность медицинской организации. Свидетельством обоснованности такого подхода являются достижения в области внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации:

– Развитие цифровой рентгенографии, компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, гибридных методов и ИИ-сервисов

меняет диагностику за счёт ускорения получения изображений, роста точности интерпретации и расширения возможностей удалённого доступа к данным [3].

– Инновации в здравоохранении следует оценивать по их вкладу в качество медицинской помощи, экономическую жизнеспособность медицинской организации и изменение процессов оказания помощи [7].

– ИИ-решения в медицинской визуализации повышают диагностическую точность, ускоряют классификацию и сегментацию изображений, однако для внедрения нужны клиническая валидация, доверие врачей и совместимость с информационными системами медицинской организации [8].

– Внедрение новых технологий визуализации связано с ростом точности диагностики и персонализации лечения, однако высокая стоимость оборудования, обучение специалистов и различия доступа ограничивают темпы распространения инновационных решений [9].

– Интеллектуальные модели усиливают клиническую поддержку решений за счёт анализа разнородных медицинских данных, включая изображения и заключения, но для медицинской организации важны проверяемость результата, ответственность врача и защита пациента от ошибочного решения [10].

– Цифровая инфраструктура медицинской организации влияет на результат внедрения инноваций, поскольку передача данных, совместимость устройств, безопасность информации и автоматизация процессов определяют практическую применимость технологических решений [11].

В отечественной научной литературе также широко представлены вопросы, связанные с внедрением инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации (табл. 1). Инновации в здравоохранении затрагивают разные уровни медицинской организации: медицинскую технологию, цифровую инфраструктуру, порядок работы структурных подразделений, взаимодействие специалистов и мн. др. Их экономическая оценка должна учитывать изменение всего процесса оказания помощи, весь «путь клиента» — от записи пациента на обследование до подготовки заключения и дальнейшего клинического решения.

Таблица 1

Достижения в области внедрения инновационных решений диагностической визуализации в медицинской организации, раскрытые в отечественной научной литературе

№	Выводы
[12]	Технологическое обновление медицинской организации связано с рисками кадровой неподготовленности, срыва сроков, роста расходов и неполного использования оборудования
[13]	Внедрение ИИ в здравоохранении связано с автоматизацией анализа данных, снижением нагрузки на специалистов и стандартизацией диагностики, однако результат зависит от включения технологии в повседневную клиническую работу
[14]	Оценка эффективности медицинских организаций может строиться на автоматизированном сравнении показателей качества, доступности и результативности
[15]	Инновационные медицинские технологии целесообразно выявлять и оценивать до закупки и внедрения, что снижает риск необоснованных затрат и помогает заранее определить организационные условия использования технологии
[16]	Российская практика внедрения ИИ в медицине связана с медицинской визуализацией, поддержкой клинических решений, дистанционными сервисами и прогнозированием рисков, при этом сохраняются вопросы защиты данных и врачебной ответственности

Источник: авторское обобщение

Теоретическая база оценки инноваций в здравоохранении включает в себя раннее выявление перспективных технологий, анализ готовности медицинской организации и оценку рисков ресурсного обеспечения [4], [6]. Данный подход развивает практика управления материально-техническими ресурсами, поскольку слабая подготовка инфраструктуры и команды увеличивает вероятность срыва сроков, роста расходов и неполного использования закупленных решений [12].

В рамках оценки эффективности важны чувствительность диагностического решения, специфичность диагностического решения, площадь под ROC-кривой (кривой соотношения чувствительности и доли ложноположительных результатов), скорость передачи медицинских изображений и диагностических данных, время подготовки врачебного заключения, объём работы врача-рентгенолога, а также возможность стандартизированной проверки качества системы поддержки принятия врачебных решений [17]. Российский опыт оценки ИИ-сервиса для скрининга заболеваний лёгких показывает, что диагностическая эффективность должна рассматриваться вместе с производительностью и экономией времени специалистов [18].

Итак, теоретические основания оценки эффективности инновационных решений в отраслевой экономике здравоохранения позволяют выстроить методику, ориентированную на управленческий выбор в медицинской организации. В ней целесообразно объединить клинический результат, затраты, сроки обследования, трудовые ресурсы, использование оборудования, готовность инфраструктуры и влияние на маршрут пациента. Данный порядок оценки необходим для сопоставления альтернативных решений диагностической визуализации, планирования технологического обновления и обоснования инвестиций в диагностическое подразделение.

В рамках оценки внедрения инновационного решения диагностической визуализации руководству медицинской организации важно сопоставлять сроки обследования, загрузку оборудования, труд врача-рентгенолога, точность диагностического заключения, затраты на сопровождение технологии и влияние результата обследования на дальнейшее ведение пациента [19].

На практике технологическое обновление медицинской организации начинается с изменений в диагностическом процессе, в котором визуальные данные становятся ресурсом клинического решения и управленческого планирования.

Современная диагностическая визуализация охватывает рентгенографию, компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию, ультразвуковую диагностику, гибридные методы, цифровые архивы изображений и системы поддержки врачебных решений [20]. Для организационно-экономической оценки важны сроки выполнения исследования, точность заключения, нагрузка на врача-рентгенолога, затраты на техническое сопровождение и влияние результата обследования на дальнейшее ведение пациента.

Развитие цифровых комплексов визуализации меняет путь клинического изображения внутри медицинской организации. Архивирование, передача, удалённый доступ, документирование и обработка изображений расширяют возможности диагностического подразделения и уменьшают зависимость результата от ручных операций с носителями данных [21].

Следует отметить, что PACS/RIS, цифровая рентгенография, компьютерная томография и ИИ-сервисы создают единый информационный массив для врача-рентгенолога, клинического отделения и руководства медицинской организации [3]. Для врача-рентгенолога, работающего с рентгенографией и компьютерной томографией, технологическое обновление выражается в более быстром доступе к изображениям, стандартизации описания, снижении доли рутинных операций и более тесной связи заключения с дальнейшим ведением пациента.

На уровне диагностического подразделения инновационное решение должно рассматриваться по его вкладу в работу оборудования, персонала и клинического маршрута пациента. ИИ-сервис для анализа рентгенограмм органов грудной клетки показывает, что диагностическая точность связана со скоростью обработки изображений, экономией времени врача и возможностью массового скрининга [18]. Для оценки систем поддержки врачебных решений нужны чувствительность диагностического решения, специфичность диагностического решения, площадь под ROC-кривой как показатель соотношения верных и ложноположительных результатов, время подготовки заключения и проверяемость качества программного решения [17]. В таком виде диагностическая визуализация выступает направлением технологического обновления, которое меняет организацию диагностического процесса, структуру затрат и обоснованность управленческого выбора в медицинской организации.

Для перехода от общей характеристики диагностической визуализации к оценке результатов её технологического обновления целесообразно выделить систему показателей, пригодную для управленческого анализа в медицинской организации.

Внедрение инновационного решения меняет сразу несколько взаимосвязанных элементов – структуру затрат, сроки обследования, загрузку оборудования, труд врача-рентгенолога, качество диагностического заключения, движение пациента между подразделениями и требования к цифровой среде. Следует подчеркнуть, что организационно-экономическая эффективность в данном случае раскрывается как сопоставление вложенных ресурсов с изменением лечебно-диагностического процесса.

На этой основе показатели целесообразно сгруппировать по финансовым, процессным, ресурсным, диагностическим, организационным, информационным и рисковым направлениям [3-6], [12], [17-19].

Оценка затрат на внедрение инновационных решений диагностической визуализации должна начинаться с разделения первоначальных вложений и расходов периода эксплуатации. К первоначальным вложениям относятся закупка оборудования или программного решения, инте-

грация с медицинскими информационными системами, подготовка рабочих мест, обучение персонала и проверка работоспособности цифрового сервиса.

Расходы периода эксплуатации включают в себя сервисное сопровождение, обновление программного обеспечения, техническую поддержку, хранение медицинских изображений, информационную безопасность и контроль качества диагностического процесса. Следует подчеркнуть, что в диагностической визуализации затраты быстро становятся шире цен на технологии, поскольку медицинская организация несёт расходы на включение решения в реальную работу подразделения [5-6].

Сроки обследования необходимо оценивать по полному маршруту пациента внутри диагностического процесса. В расчёт входят время записи, ожидания исследования, выполнения исследования, передачи изображения, описания врачом-рентгенологом, подготовки заключения и передачи результата лечащему врачу. В амбулаторном звене особую роль играет сокращение ожидания и повышение пропускной способности диагностического подразделения, в стационарном звене — скорость принятия клинического решения и согласованность действий между подразделениями. Опыт централизованного управления маршрутизацией пациентов в мегаполисе показывает, что временной фактор становится автономным объектом управленческой оценки [22].

Использование ресурсов медицинской организации следует оценивать по загрузке оборудования, труду врача-рентгенолога, участию среднего медицинского персонала, занятости кабинетов, объёму цифрового хранения и потребности в технической поддержке.

Для интеллектуального здравоохранения характерен рост роли автоматизированного анализа данных, что помогает частично снижать кадровую нагрузку и ускорять диагностику при достаточной подготовке цифровой среды [23].

В то же время искусственный интеллект в диагностической визуализации нуждается в понятной проверке результата, объяснимости и доверии врача, иначе экономия времени может сопровождаться ростом организационных рисков [25], что с методической точки зрения означает, что экономия ресурсов должна подтверждаться данными о качестве диагностики, числе повторных исследований и стабильности работы решения.

Также целесообразно выделить экономические эффекты внедрения инновационных решений диагностической визуализации для амбулаторного и стационарного звена.

В амбулаторном звене экономический эффект внедрения инновационных решений диагностической визуализации связан прежде всего с ростом доступности обследования и сокращением времени прохождения пациента по диагностическому маршруту [18]. В стационарном звене экономический эффект имеет более сложную структуру, когда сокращение времени диагностики влияет на сроки начала лечения, длительность пребывания пациента, потребность в дополнительных исследованиях и загрузку профильных отделений. [4].

Таким образом, стационарный эффект проявляется как в работе кабинета лучевой диагностики, так и в изменении затрат всего клинического маршрута пациента. Важно подчеркнуть, что для обеих частей медицинской организации экономические эффекты должны рассматриваться вместе с качеством диагностического процесса.

В рамках актуального в настоящее время перехода «от лечения «по стандарту» к индивидуальному подходу к пациенту» [25] усиливается потребность в точных данных о состоянии пациента, тогда как диагностическая визуализация является частью персонализированного выбора дальнейших действий. При этом инновационное решение целесообразно оценивать по его влиянию на раннее выявление клинически значимых состояний, снижение числа диагностических ошибок, уменьшение повторных обследований и повышение обоснованности врачебного решения.

Далее целесообразно представить методику расчёта прямых и косвенных эффектов от внедрения инновационных решений диагностической визуализации. Она основана на прямых и косвенных эффектах (табл. 2).

Прямые эффекты внедрения инновационного решения диагностической визуализации рассчитываются на основе измеримых изменений затрат и производительности [17]. Косвенные эффекты формируются за пределами непосредственного выполнения исследования [3]. В рамках расчёта косвенных эффектов важно учитывать, что часть результата проявляется позднее, когда диагностическое решение влияет на длительность лечения, повторные обращения и потребность в дополнительных ресурсах.

Таблица 2

Расчёт прямых и косвенных эффектов от внедрения инновационных решений диагностической визуализации

Прямые эффекты	
Полные затраты на внедрение	Расходы на закупку, интеграцию, обучение, запуск, техническую поддержку и хранение данных
Сокращение времени подготовки заключения	Разница между средним временем описания исследования до внедрения и после внедрения, умноженная на число исследований
Изменение загрузки оборудования	Сравнение числа исследований за смену, день или месяц до внедрения и после внедрения
Изменение качества диагностического решения	Сравнение чувствительности, специфичности, площади под ROC-кривой, доли результатов
Уменьшение повторных исследований	Разница в числе повторных исследований, умноженная на среднюю стоимость 1 исследования
Косвенные эффекты	
Ускорение начала лечения	Сравнение времени от выполнения исследования до принятия клинического решения
Согласованность работы подразделений	Оценка сроков передачи изображений, доступности заключений, числа задержек
Сокращение длительности стационарного этапа	Сравнение средней длительности пребывания пациентов в стационаре при сходных клинических группах до внедрения и после внедрения
Снижение риска нерационального внедрения	Сопоставление готовности кадров, помещений, оборудования, тарифов, цифровой инфраструктуры и объёма пациентов
Интегральная оценка внедрения	Сопоставление прямых затрат, прямой экономии, косвенных эффектов, качества диагностики и рисков эксплуатации

Источник: авторская разработка на основе [4], [18], [17], [22].

Представленные теоретические элементы целесообразно свести в единую модель, которая показывает место инновационного решения диагностической визуализации в работе медицинской организации (рис. 1).

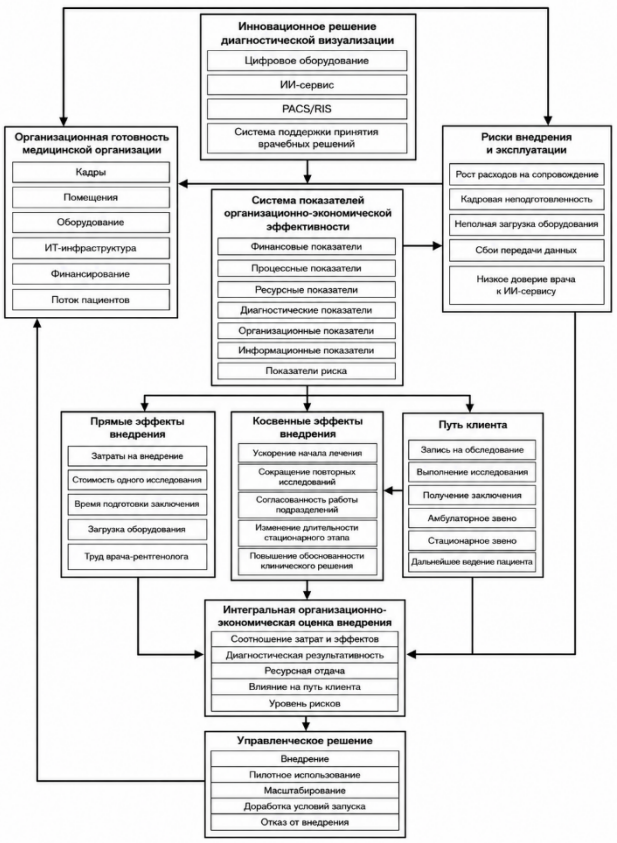


Рисунок 1 – Модель оценки организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации
Источник: авторская разработка

В неё включены условия внедрения, система показателей организационно-экономической эффективности, прямые и косвенные эффекты, путь клиента, риски внедрения и эксплуатации, интегральная оценка внедрения и управленческое решение. Данная модель позволяет рассматривать диагностическую визуализацию как часть лечебно-диагностического процесса, связанного с ресурсами, затратами, качеством диагностики и дальнейшим ведением пациента.

В основе модели находится как таковое *инновационное решение диагностической визуализации*, для внедрения которого необходима организационная готовность медицинской организации (наличие кадров, помещений, оборудования, ИТ-инфраструктуры, финансирования и достаточного потока пациентов). Принятое решение соотносится с системой показателей организационно-экономической эффективности, включающей финансовые, процессные, ресурсные, диагностические, организационные, информационные показатели и показатели риска. В дальнейшем оценка разделяется на прямые и косвенные эффекты. Отдельный блок пути клиента отражает время пациента от записи на обследование до его дальнейшего ведения, что помогает связать диагностическую визуализацию с амбулаторным и стационарным звеном. Риски внедрения и эксплуатации включают в себя рост расходов на сопровождение, кадровую неподготовленность, неполную загрузку оборудования, сбои передачи данных и низкое доверие врача к ИИ-сервису.

Итогом сопоставления всех блоков является интегральная организационно-экономическая оценка внедрения, в которой руководитель медицинской организации соотносит затраты и эффекты, диагностическую результативность, ресурсную отдачу, влияние на путь клиента и уровень рисков, после чего выбирает управленческое решение — внедрение, пилотное использование, масштабирование, доработку условий запуска или отказ от внедрения.

Заключение

Проведённое исследование позволило рассмотреть оценку организационно-экономической эффективности внедрения инновационных решений диагностической визуализации как инструмент управленческого выбора в медицинской организации. Разработанная модель объединяет организационную готовность, систему финансовых, процессных, ресурсных, диагностических, организационных, информационных показателей и показателей риска, расчёт прямых и косвенных эффектов, путь клиента и интегральную оценку внедрения. Практическая ценность методики состоит в возможности сопоставлять затраты на закупку, интеграцию, обучение, сопровождение и хранение данных с изменением сроков обследования, трудоёмкости описания, загрузки оборудования, качества диагностического решения, числа повторных исследований и влияния результата визуализации на дальнейшее ведение пациента. Деловой вклад автора состоит в разработке рабочего порядка оценки, основанного на опыте работы врача-рентгенолога, интерпретации рентгенологических исследований и компьютерной томографии, а также понимании связи диагностической визуализации с точной диагностикой, ведением пациента и управленческими решениями медицинской организации.

Литература

1. World health statistics 2026. Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals // WHO. – URL: https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/45189137-2f10-48e1-ae43-91b0d8ddd120/content (дата обращения: 16.03.2026).
2. OECD Health Working Papers No. 193. Latest health spending trends and outlook: Balancing resilience and sustainability in challenging times // OECD. - https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2026/03/latest-health-spending-trends-and-outlook_2db269d5/9fc8d4b1-en.pdf (дата обращения: 16.03.2026).
3. Almutairi A. M. et al. The evolution of diagnostic imaging: technological innovations and clinical impact // The Review of Diabetic Studies. – 2025. – P. 556-567.
4. Bharadwaj P. et al. Unlocking the value: quantifying the return on investment of hospital artificial intelligence // Journal of the American College of Radiology. – 2024. – Т. 21. – № 10. – С. 1677-1685.
5. Габриелян А. Р., Александрова О. Ю., Михайлов И. А. Методика оценки готовности медицинской организации к внедрению инновационных технологий // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2025. – № 1 (47). – С. 18-24.
6. Габриелян А. Р., Александрова О. Ю., Михайлов И. А. Результаты ранжирования критериев, определяющих успешность внедрения инновационных медицинских технологий в многопрофильной медицинской организации, в условиях матричной организационной технологии // Менеджер здравоохранения. – 2025. – № 12. – С. 43-50.
7. Mishra S., Jain K. Innovations in healthcare: a systematic literature review // Journal of Business Research. – 2025. – Vol. 194. – P. 1-14.
8. Sabri O., Al-Shargabi B., Abuarqoub A. The role of artificial intelligence in improving diagnostic accuracy in medical imaging: a review // Computers, Materials, & Continua. – 2025. – Vol. 85. – No. 2. – P. 1-44.
9. de Magalhães A. A., Santos A. T. Advancements in diagnostic methods and imaging technologies in dentistry: a literature review of emerging approaches // Journal of Clinical Medicine. – 2025. – Vol. 14. – No. 4. – P. 1-16.
10. Mansoor I. et al. Reasoning with large language models in medicine: a systematic review of techniques, challenges and clinical integration // Health Information Science and Systems. – 2026. – Vol. 14. – No. 1. – P. 1-34.
11. Shah T. et al. A systematic review of emerging trends of IoT in healthcare and IoMT frameworks // Discover Public Health. – 2026. – Vol. 23. – No. 1. – P. 1-18.
12. Боенко Е. А., Шикина И. Б. Проблемы управления рисками при обеспечении медицинских организаций материально-техническими ресурсами. Аналитический обзор // Социальные аспекты здоровья населения. – 2025. – Т. 71. – № 1. – С. 1-41.
13. Бердутин В. А. и др. Применение искусственного интеллекта в медицине: достижения и перспективы. Обзор литературы. Часть 1 // Социология медицины. – 2022. – Т. 21. – № 1. – С. 83-96.
14. Иванова А. А. и др. Электронный бэнчмаркинг как инструмент в оценке эффективности деятельности медицинских организаций // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 42-49.
15. Омельяновский В. В. и др. Опыт применения систем сканирования горизонтов для выявления инновационных технологий здравоохранения в различных странах мира // Трансляционная медицина. – 2024. – Т. 11. – № 6. – С. 546-561.
16. Кузьмин А. А., Борисова У. С. Искусственный интеллект в здравоохранении: обзор отечественных публикаций // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2025. – № 12. – С. 66-73.
17. Хрустачева М. Ю. и др. Применение ROC-анализа для оценки результатов работы систем поддержки принятия врачебных решений на примере цифровых маммографических изображений // Медицинская визуализация. – 2025. – Т. 29. – № 3. – С. 80-90.
18. Бородулина Е. А. и др. Оценка эффективности использования технологий искусственного интеллекта для скрининга заболеваний легких в муниципальной больнице // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2025. – Т. 40. – № 1. – С. 209-217.
19. Абрамов П. В. Современные методы управления клиническими и диагностическими процессами // Ученые записки Российской академии предпринимательства. – 2024. – Т. 23. – № 3. – С. 42-50.
20. Hussain S. et al. Modern diagnostic imaging technique applications and risk factors in the medical field: a review // BioMed Research International. – 2022. – Vol. 2022. – No. 1. – P. 1-19.
21. Аронов А. М. и др. Современные аспекты внедрения в лечебную практику и учебный процесс инновационных медицинских визуализационных цифровых технологий // Педиатр. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 5-11.
22. Михайлова Ю. В., Введенский Г. А., Панкова Я. Ю. Система управления маршрутизацией пациентов, нуждающихся по экстренным и неотложным показаниям в медицинской эвакуации в медицинские организации, оказывающие помощь в стационарных условиях в мегаполисе // Социальные аспекты здоровья населения. – 2025. – Т. 71. – № S3. – С. 1-41.
23. Chui K. T. et al. Disease diagnosis in smart healthcare: innovation, technologies and applications // Sustainability. – 2017. – Vol. 9. – No. 12. – P. 1-23.
24. Shafik W. et al. A systematic literature review on transparency and interpretability of AI models in healthcare: taxonomies, tools, techniques, datasets, open research challenges, and future trends // Health and Technology. – 2026. – P. 1-22.
25. Чехонин В. П. От лечения «по стандарту» – к индивидуальному подходу к пациенту // Пространство науки. – 2025. – Т. 2. – № 2. – С. 371-383.

Methodology for assessing the organizational and economic effectiveness of implementing innovative diagnostic imaging solutions in a medical organization

Zhikharev E.A.

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The purpose of the study is to develop a model for assessing the organizational and economic effectiveness of implementing innovative diagnostic imaging solutions in a medical organization. The research materials include scientific publications on healthcare innovation, diagnostic imaging, artificial intelligence in medicine, clinical decision support systems, the digital infrastructure of a medical organization, cost assessment, resource management and patient routing. The article uses methods of structural and comparative analysis, systematization of scientific literature and indicators of organizational and economic effectiveness, as well as modeling. The result: a model for assessing the implementation of innovative diagnostic imaging solutions has been developed, including the organizational readiness of a medical organization, a system of financial, process, resource, diagnostic, organizational, information and risk indicators, calculation of direct and indirect effects, the client pathway and an integral assessment of implementation. Conclusions: a) assessment of organizational and economic

effectiveness should be considered as part of managerial decision-making in a medical organization; b) comparison of costs, examination timeframes, resource use and the quality of diagnostic decision-making increases the validity of implementing innovative solutions; c) the proposed model helps the management of a medical organization assess the clinical value, resource return and operational risks of technology and contributes to the development of methodological support for technological renewal of the diagnostic department.

Keywords: organizational and economic efficiency, innovative solutions, diagnostic imaging, medical organization, technological renewal.

References

1. World Health Statistics 2026. Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals // WHO. – URL: https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/45189137-2f10-48e1-ae43-91b0d8ddd120/content (accessed: 16.03.2026).
2. OECD Health Working Papers No. 193. Latest health spending trends and outlook: balancing resilience and sustainability in challenging times // OECD. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2026/03/latest-health-spending-trends-and-outlook_2db269d5/9fc8d4b1-en.pdf (accessed: 16.03.2026).
3. Almutairi A. M. et al. The evolution of diagnostic imaging: technological innovations and clinical impact // The Review of Diabetic Studies. – 2025. – P. 556-567.
4. Bharadwaj P. et al. Unlocking the value: quantifying the return on investment of hospital artificial intelligence // Journal of the American College of Radiology. – 2024. – Vol. 21. – No. 10. – P. 1677-1685.
5. Gabrielyan A. R., Alexandrova O. Yu., Mikhailov I. A. Methodology for assessing the readiness of a medical organization to implement innovative technologies // Medical Technologies. Assessment and Choice. – 2025. – No. 1 (47). – P. 18-24.
6. Gabrielyan A. R., Alexandrova O. Yu., Mikhailov I. A. Results of the ranking of criteria determining the success of the introduction of innovative medical technologies in a multidisciplinary medical organization in the context of matrix organizational technology // Healthcare Manager. – 2025. – No. 12. – P. 43-50.
7. Mishra S., Jain K. Innovations in healthcare: a systematic literature review // Journal of Business Research. – 2025. – Vol. 194. – P. 1-14.
8. Sabri O., Al-Shargabi B., Abuarqoub A. The role of artificial intelligence in improving diagnostic accuracy in medical imaging: a review // Computers, Materials, & Continua. – 2025. – Vol. 85. – No. 2. – P. 1-44.
9. de Magalhães A. A., Santos A. T. Advancements in diagnostic methods and imaging technologies in dentistry: a literature review of emerging approaches // Journal of Clinical Medicine. – 2025. – Vol. 14. – No. 4. – P. 1-16.
10. Mansoor I. et al. Reasoning with large language models in medicine: a systematic review of techniques, challenges and clinical integration // Health Information Science and Systems. – 2026. – Vol. 14. – No. 1. – P. 1-34.
11. Shah T. et al. A systematic review of emerging trends of IoT in healthcare and IoMT frameworks // Discover Public Health. – 2026. – Vol. 23. – No. 1. – P. 1-18.
12. Boenko E. A., Shikina I. B. Problems of risk management in providing medical organizations with material and technical resources. Analytical review // Social Aspects of Population Health. – 2025. – Vol. 71. – No. 1. – P. 1-41.
13. Berdutin V. A. et al. The use of artificial intelligence in medicine: achievements and prospects // Literature Review. – 2022. – Vol. 1. – P. 83-96.
14. Ivanova A. A. et al. Electronic benchmarking as a tool in evaluating the effectiveness of medical organizations // Journal of Telemedicine and E-Health. – 2022. – Vol. 8. – No. 2. – P. 42-49.
15. Omelyanovsky V. V. et al. The experience of using horizon scanning systems to identify innovative healthcare technologies in various countries of the world // Translational Medicine. – 2025. – Vol. 11. – No. 6. – P. 546-561.
16. Kuzmin A. A., Borisova U. S. Artificial intelligence in healthcare: a review of domestic publications // Humanities, Socio-Economic and Social Sciences. – 2025. – No. 12. – P. 66-73.
17. Khrustacheva M. Yu. et al. The use of ROC analysis to evaluate the results of medical decision support systems using the example of digital mammographic images // Medical Visualization. – 2025. – Vol. 29. – No. 3. – P. 80-90.
18. Borodulina E. A. et al. Evaluation of the effectiveness of using artificial intelligence technologies for screening lung diseases in a municipal hospital // Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. – 2025. – Vol. 40. – No. 1. – P. 209-217.
19. Abramov P. V. Modern methods of management of clinical and diagnostic processes // Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. – 2024. – Vol. 23. – No. 3. – P. 42-50.
20. Hussain S. et al. Modern diagnostic imaging technique applications and risk factors in the medical field: a review // BioMed Research International. – 2022. – Vol. 2022. – No. 1. – P. 1-19.
21. Aronov A. M. et al. Modern aspects of the introduction of innovative medical imaging digital technologies into medical practice and the educational process // Pediatrician. – 2018. – Vol. 9. – No. 4. – P. 5-11.
22. Mikhailova Yu. V., Vvedenskiy G. A., Pankova Ya. Yu. Management system for routing patients in need of emergency and urgent medical evacuation to medical organizations providing inpatient care in a megalopolis // Social Aspects of Population Health. – 2025. – Vol. 71. – No. S3. – P. 1-41.
23. Chui K. T. et al. Disease diagnosis in smart healthcare: innovation, technologies and applications // Sustainability. – 2017. – Vol. 9. – No. 12. – P. 1-23.
24. Shafik W. et al. A systematic literature review on transparency and interpretability of AI models in healthcare: taxonomies, tools, techniques, datasets, open research challenges, and future trends // Health and Technology. – 2026. – P. 1-22.
25. Chekhonin V. P. From “standard treatment” to an individual approach to the patient // Space of Science. – 2025. – Vol. 2. – No. 2. – P. 371-383.

Цифровые риски как фактор ограничения эффективности производственных процессов на высокотехнологичных предприятиях

Земенков Никита Сергеевич
аспирант, Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), NSzemenkov@yandex.ru

Статья посвящена проблеме влияния цифровых рисков на эффективность производственных процессов на высокотехнологичных предприятиях в условиях углубления цифровой трансформации промышленности. В работе рассмотрены особенности развития высокотехнологичных отраслей российской экономики, включающие производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях, производство компьютеров, электронных и оптических изделий, а также авиационно-космическое производство. На основе анализа научной литературы установлено, что внедрение цифровых технологий не сопровождается линейным ростом производительности. Сделан вывод о двойственности природы цифровой трансформации: цифровые технологии одновременно выступают источником повышения производительности и фактором возникновения новых производственных уязвимостей. Выявлено, что ограничивающее воздействие цифровых рисков на эффективность производственных процессов реализуется преимущественно по трём ключевым каналам: 1) через рост транзакционных и организационных издержек, связанных с сопровождением цифровой инфраструктуры и координацией цифровых процессов; 2) через повышение зависимости технологических процессов от устойчивости цифровой инфраструктуры и информационных систем; 3) через усиление зависимости производственной эффективности от качества человеческого капитала и уровня цифровых компетенций персонала. Сделан вывод о необходимости перехода к комплексному управлению цифровыми рисками как самостоятельному направлению обеспечения устойчивости и эффективности высокотехнологичных производств.

Ключевые слова: высокотехнологичные производства, цифровизация производственных процессов, цифровые риски, производственная эффективность.

Введение

Высокотехнологичные предприятия играют ключевую роль в обеспечении промышленного суверенитета, технологической независимости и устойчивости национальной производственной системы России. Согласно данным Национального рейтингового агентства, начиная с 2022 года, высокотехнологичный сектор показывает темпы промышленного роста, существенно опережающие среднеотраслевые показатели. Так, в 2024 году совокупный рост промышленного производства в целом составил 5,6%, но в высокотехнологичном секторе темпы роста были двухзначными. Сектор производства фармацевтической продукции вырос на 19,8%, выпуск компьютеров, электронных и оптических изделий увеличился на 27,9%, а производство летательных аппаратов – на 42,7% [3]. Наблюдаемые тенденции показывают, что высокотехнологичный сектор выступает технологическим локомотивом национальной экономики. Таким образом, обеспечение эффективности производственных процессов на высокотехнологичных предприятиях приобретает не только микроэкономическое, но и макроэкономическое значение.

Вместе с тем ускоренная цифровизация производственной среды, сопровождая развитие высокотехнологичных предприятий, создает качественно новую конфигурацию рисков. С одной стороны, цифровизация обеспечивает рост производительности, снижение трансакционных издержек и повышение управляемости производственных циклов. С другой стороны, возрастающая цифровая связанность производственных систем приводит к усилению уязвимости предприятий перед цифровыми угрозами, включая кибератаки, сбои программного обеспечения, нарушения целостности данных, зависимость от зарубежных цифровых решений, а также риски технологической несовместимости и отказоустойчивости информационной инфраструктуры.

Проблема исследования заключается в том, что цифровые риски начинают выступать не только сопутствующим фактором цифровой трансформации, но и самостоятельным ограничителем эффективности производственных процессов. В связи с этим актуальность исследования обусловлена необходимостью формирования теоретических и прикладных подходов к идентификации, оценке и минимизации цифровых рисков в системе производственного управления высокотехнологичных предприятий, обеспечивающих сохранение устойчивости и эффективности их функционирования в условиях возрастающей цифровой зависимости экономики.

Обзор литературы

В научной дискуссии цифровые технологии рассматриваются преимущественно в качестве инструмента повышения эффективности производственных процессов. В научных статьях, посвященных цифровизации промышленности, анализируются такие эффекты, как автоматизация операций, сокращение издержек, повышение производительности труда, улучшение качества управления и ускорение реакции предприятия на изменения внешней среды. Так, А.В. Бойкова и Ю.В. Витяхова [2] связывают цифровизацию с трансформацией всей цепочки создания стоимости, стиранием границ между физическими и цифровыми активами, формированием новых моделей взаимодействия с потребителями и оптимизацией производственных процессов за счет ERP-систем, Интернета вещей, Big Data и data-driven управления. В логике авторов цифровые решения выступают средством рационального распределения ресурсов, совершенствования логистики, минимизации отходов и роста производительности труда. В научной статье М.С. Оборина цифровые решения рассматриваются как фактор оптимизации технологических процессов, сокращения влияния человеческого фактора и повышения производственной мощности предприятий [10].

Сходная позиция представлена в исследовании А.Н. Лещенко и В.А. Ефанова [8], где цифровые технологии интерпретируются как базовый драйвер производственной эффективности, позволяющий снизить простои, повысить отдачу оборудования, улучшить управление затратами и обеспечить адаптивность бизнес-процессов. Согласно результатам эмпирического исследования T.Yu. Kudryavtseva, K.S. Kozhina, G.K. Prause и E.O. Olaniyi [15], выполненного на примере RFID-технологии (технологии радиочастотной идентификации), цифровизация сокращает временные потери и повышают производительность труда.

В работе Д.В. Наумова, показано, что технологии Индустрии 4.0, искусственный интеллект, промышленный Интернет вещей и аналитика данных в большинстве случаев сопровождаются ростом производительности и конкурентоспособности промышленных предприятий. Более того, эмпирические исследования, приводимые автором, показывают, что внедрение интеллектуальных систем мониторинга и предиктивного обслуживания позволяет сократить незапланированные простои оборудования на 30–50%, а также увеличить срок эксплуатации техники [9].

Отдельным направлением развития научной дискуссии является выявление рисков цифровизации. К примеру, А.А. Ковалев, Д.Э. Сысоев, А.В. Чернышёв [7], Фэн Пин [12], Е.А. Ратникова, Т.В. Щеулина [11] доказывают, что внедрение цифровых технологий на промышленных предприятиях неизбежно сопровождается внутренними и внешними рисками, связанными с несовместимостью технического оборудования, бюджетными ограничениями, дефицитом квалифицированного персонала, угрозами кибербезопасности, экономическими, геополитическими и иными факторами. Однако в упомянутых научных работах риски рассматриваются не как устойчивый фактор последующего ограничения эффективности уже цифровизированных производственных процессов, а как препятствия на этапе внедрения цифровых решений.

Наиболее близкую к проблематике настоящего исследования позицию занимает А.А. Чудаева [13], предлагающая учитывать риски информационно-коммуникационных технологий при оценке экономической эффективности проектов цифровой трансформации промышленных предприятий. Автор соотносит последствия наступления цифровых рисков с производственной эффективностью. В статье показано, что последствиями цифровых рисков являются недоступность автоматизированных систем, снижение производительности ИТ-услуг, технический долг, некорректное функционирование систем, ошибки управленческой отчетности, простой автоматизированных систем и прямой ущерб предприятию.

Проведенный обзор литературы позволяет выявить определенную асимметрию научной дискуссии. С одной стороны, цифровые технологии достаточно подробно изучены как фактор роста эффективности, а с другой стороны, цифровые риски чаще описываются либо в общем контексте угроз цифровой экономики, либо как риски внедрения цифровых проектов. Вопрос о том, каким образом цифровые риски после внедрения цифровых решений могут трансформироваться в самостоятельный ограничитель эффективности производственных процессов, остается недостаточно раскрытым.

Материалы и методы

Под высокотехнологичными производствами в статье понимается совокупность отраслей, характеризующихся высокой интенсивностью научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, значительной долей затрат на разработку и внедрение инноваций, активным использованием цифровых и интеллектуальных технологий, а также повышенными требованиями к квалификации персонала и уровню технологической сложности производственных процессов. В соответствии с классификацией отраслей по уровню технологичности к отраслям высокого технологического уровня относятся производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях (ОКВЭД 21), производство компьютеров, электронных и оптических изделий (ОКВЭД 26), а также производство летательных аппаратов, включая космические (ОКВЭД 30.3) [3].

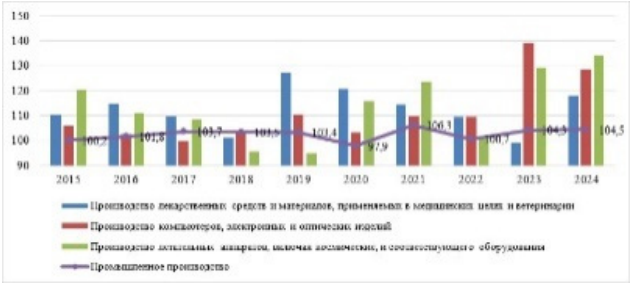


Рис. 1. Индексы промышленного производства в высокотехнологичных отраслях и промышленном производстве в целом
Источник: составлено автором по данным [3]

Динамика индексов промышленного производства представлена на рисунке 1. Показано, что высокотехнологичные отрасли показывают более высокую и одновременно более волатильную динамику по сравнению с промышленностью. В отличие от промышленности в целом, высокотехнологичные отрасли являются более чувствительными к внешним шокам, структурным изменениям и государственным инвестиционным приоритетам, однако именно они обеспечивали наиболее значительный вклад в ускорение промышленного роста.

Согласно представленным на рисунке 2 данным, вклад отраслей высокого технологического уровня в валовой внутренний продукт России в 2017–2024 гг. колебался в интервале от 6,1 до 7,7%. По своим масштабам данный показатель сопоставим с вкладом таких крупных отраслевых сегментов экономики, как сельское хозяйство, финансовая деятельность или строительный комплекс.

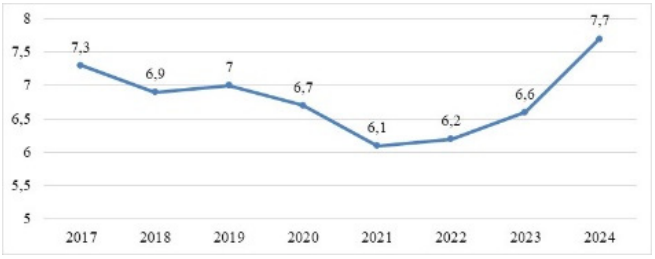


Рис. 2. Доля отраслей высокого технологического уровня в ВВП, %
Источник: составлено автором по данным [3]

Как показано на рисунке 3, в период 2017 по 2024 годы затраты на инновационную деятельность отраслей высокого технологического уровня увеличились более чем в три раза, причем доля данных отраслей в общем объёме инновационных затрат организаций устойчиво сохранялась на уровне 9–11%. Существенная часть инновационных расходов в современных условиях связана именно с внедрением цифровых технологий, включая автоматизированные системы управления производством, промышленный Интернет вещей, искусственный интеллект, цифровые платформы, технологии анализа больших данных и цифровые двойники производственных процессов.

Следовательно, рост инновационной активности одновременно означает усиление зависимости высокотехнологичных предприятий от цифровой инфраструктуры и информационно-коммуникационных систем.

Рис. 3. Затраты на инновационную деятельность
Источник: составлено автором по данным [3]

Таким образом, цифровые риски перестают носить локальный или вспомогательный характер и приобретают системное значение, поскольку нарушения в функционировании цифровых решений способны оказывать непосредственное влияние на устойчивость производственных процессов, уровень производительности труда, непрерывность технологических цепочек и общую эффективность деятельности высокотехнологичных предприятий.

Результаты и обсуждение

Цифровизация высокотехнологичных производств обладает двойственным экономическим эффектом. С одной стороны, внедрение цифровых технологий действительно обеспечивает существенный рост производительности труда, снижение издержек, ускорение производственных циклов, повышение качества продукции и увеличение объёмов выпуска.

Вместе с тем положительные эффекты цифровизации не носят линейного и безусловного характера. Первоначальный рост производительности и эффективности в краткосрочном периоде сопровождается накоплением структурных ограничений и новых типов уязвимостей, которые в среднесрочной и долгосрочной перспективе способны снижать отдачу от цифровой трансформации. По мере усложнения цифровой инфраструктуры предприятия начинают сталкиваться с эффектом насыще-

ния, при котором дальнейшее наращивание цифровых решений перестаёт обеспечивать пропорциональный рост производительности и одновременно увеличивает чувствительность производственной системы к сбоям, ошибкам и киберугрозам.

Д.В. Наумов в научной статье прямо указывает на существование противоречия между ожидаемым экономическим эффектом цифровизации и фактическими результатами её внедрения на производстве, проявляющегося в том, что значительная часть цифровых проектов не приводит к достижению ожидаемого экономического эффекта [9]. Данные противоречие, именуемое «парадоксом продуктивности», исследуется в публикации L. Dold и C. Speck. Авторы показывают, что цифровые технологии потенциально обеспечивают рост производительности, снижение издержек и повышение эффективности производственных процессов, однако значительная часть предприятий либо не достигает ожидаемого эффекта, либо сталкивается с существенной задержкой между инвестициями и получением экономической отдачи [14].

Причина возникновения парадокса заключается в возникновении разрыва между цифровой стратегией предприятия и операционной реальностью производственных процессов. Предприятия активно инвестируют в цифровую инфраструктуру, автоматизацию, системы анализа данных и интеграцию производственного оборудования, однако сами механизмы создания экономической ценности оказываются значительно более сложными, чем предполагалось первоначально.

В результате предприятие несёт значительные расходы на цифровую трансформацию, но не получает сопоставимого роста производительности в краткосрочном периоде. Иными словами, цифровизация способна не только повышать эффективность, но и создавать новые трансакционные и управленческие издержки.

Помимо возникающих трансакционных и управленческих издержек, цифровизация приводит к усилению степени зависимости от устойчивости информационно-коммуникационной инфраструктуры, качества программного обеспечения и корректности алгоритмических решений. К примеру, Н.В. Артемьевым и соавторами выдвигается гипотеза, что нерешённые проблемы внедрения цифровых технологий способны интенсифицировать возникновение иных экономических трудностей и приводить к ухудшению финансово-хозяйственных результатов предприятий [1]. Рост сложности цифровых систем неизбежно сопровождается усилением угроз цифровой и экономической безопасности.

Цифровые риски являются закономерным элементом процесса цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий. Более того, цифровые риски обладают способностью к системному распространению внутри производственного контура предприятия, они перестают ограничиваться исключительно сферой информационной безопасности и начинают непосредственно воздействовать на производственную результативность.

В исследовании В.Е. Гаврилова и А.А. Зацаринного показано, что ошибки программного обеспечения, некорректная интеграция цифровых платформ, сбои автоматизированных систем управления и уязвимости информационной инфраструктуры способны вызывать остановку оборудования, нарушение технологических цепочек, снижение загрузки производственных мощностей и рост операционных издержек [4].

Кроме того, цифровизация требует постоянного обновления компетенций персонала, изменения организационной культуры и адаптации работников к новым технологическим условиям. Возрастающая степень зависимости эффективности производства от человеческого капитала приводит к возникновению эффекта организационного торможения цифровизации, при котором технический потенциал цифровых решений не реализуется вследствие низкой цифровой зрелости предприятия и сопротивления сотрудников изменениям.

Таким образом, цифровые технологии в высокотехнологичных производствах формируют противоречивый экономический эффект. На первоначальном этапе цифровизация действительно обеспечивает ускорение производственных процессов и рост производительности, однако по мере усложнения цифровой среды предприятия сталкиваются с накоплением системных ограничений, повышением уязвимости производственной инфраструктуры и ростом зависимости от качества цифрового управления. В результате цифровые риски начинают выступать не как локальная технологическая проблема, а как самостоятельный фактор ограничения эффективности производственных процессов в средне- и долгосрочной перспективе.

Представленная на рисунке 4 схема отражает механизм трансформации цифровых рисков в фактор ограничения эффективности производственных процессов на высокотехнологичных предприятиях. Показано, что цифровые риски оказывают ограничивающее воздействие на эффективность производственных процессов высокотехнологичных предприятий преимущественно по трём основным каналам: через рост транзакционных и организационных издержек, зависимость производственной деятельности от устойчивости цифровой инфраструктуры, а также зависимость эффективности производства от качества человеческого капитала.

Рис. 4. Цифровые риски как фактор ограничения эффективности производственных процессов
Источник: составлено автором

Первый канал связан с увеличением транзакционных и организационных издержек цифровизации. Высокотехнологичные предприятия, к которым относятся производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях, производство компьютеров, электронных и оптических изделий, а также производство летательных аппаратов, включая космические, характеризуются высокой капиталоёмкостью, сложностью производственных процессов и значительными масштабами цифровой интеграции. Внедрение цифровых технологий в данных отраслях требует существенных затрат на разработку и сопровождение программного обеспечения, обеспечение кибербезопасности, интеграцию информационных систем, обновление цифровой инфраструктуры, координацию производственных процессов и подготовку персонала. В результате часть экономического эффекта цифровизации компенсируется ростом постоянных организационных и управленческих расходов.

Второй канал обусловлен критической зависимостью высокотехнологичных производств от стабильности и устойчивости цифровой инфраструктуры. Для высокотехнологичных отраслей любые сбои информационных систем, нарушения передачи данных, ошибки программного обеспечения или кибератаки способны приводить к остановке сложного оборудования, нарушению технологических цепочек, росту производственных потерь и снижению загрузки производственных мощностей. Третий канал связан с зависимостью цифровизированного производства от человеческого капитала. Для высокотехнологичных предприятий человеческий фактор приобретает особую значимость, поскольку ошибки эксплуатации, недостаточный уровень подготовки сотрудников, некорректная настройка оборудования или неспособность персонала адаптироваться к новым цифровым решениям способны приводить к серьёзным производственным последствиям.

Следовательно, по мере углубления цифровизации высокотехнологичных производств цифровые риски приобретают системный характер и начинают выступать самостоятельным фактором ограничения эффективности производственных процессов.

Заключение

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что цифровизация высокотехнологичных производств не сопровождается линейным и

безусловным ростом производительности. Несмотря на значительный потенциал цифровых технологий в части автоматизации, повышения точности производственных операций, ускорения обработки данных и оптимизации управления, по мере усложнения цифровой среды формируются новые системные ограничения эффективности производственных процессов.

Ограничивающее воздействие цифровых рисков на эффективность производственных процессов реализуется преимущественно по трём ключевым каналам: увеличение транзакционных и организационных издержек, повышение зависимости технологических процессов от устойчивости цифровой инфраструктуры, усиление зависимости цифровизированного производства от человеческого капитала.

Следовательно, обеспечение эффективности высокотехнологичных производств предполагает необходимость синхронного развития цифровой инфраструктуры, механизмов кибербезопасности, организационных моделей управления и человеческого капитала. В противном случае дальнейшее углубление цифровизации может сопровождаться эффектом снижения предельной отдачи от цифровых инвестиций и усилением системных ограничений производственной эффективности.

Литература

1. Артемьев Н.В., Маковецкий М.Ю., Сотников Ю.Н., Кузьмина Н.В. Проблемы применения цифровых технологий в реальном секторе экономики России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2025. № 3–2. С. 195–203.
2. Бойкова А.В., Витяхова Ю.В. Цифровизация экономики России: вызовы и преимущества // Журнал монетарной экономики и менеджмента. 2025. № 7. С. 334–339. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.76.62.042.
3. Высокотехнологичные отрасли России: локомотив долгосрочного развития в сложных геополитических условиях // Национальное рейтинговое агентство. URL: https://www.ra-national.ru/wp-content/uploads/2025/11/obzor_nra_vysokotehnologichnaja_promyshlennost_rf_nojabr_2025.pdf (дата обращения: 14.04.2026).
4. Гаврилов В.Е., Зацаринный А.А. Проблемы и угрозы внедрения некоторых новых цифровых технологий // Системы и средства информатики. 2022. Т. 32, № 3. С. 15-25.
5. Дзюбенко И.Б. Развитие российских высокотехнологичных быстрорастущих компаний в условиях в условиях турбулентности и трансформации экономики // Прогрессивная экономика. 2024. № 12. С. 233–247. DOI: 10.54861/27131211_2024_12_233.
6. Земенков Н.С. Совершенствование производственных процессов высокотехнологичных предприятий в условиях глобальных вызовов и цифровой трансформации // Финансовые рынки и банки. 2025. № 4. С. 538–542.
7. Ковалев А.А., Сысоев Д.Э., Чернышев А.В. Риски внедрения цифровых технологий на промышленных предприятиях // Цифровая и отраслевая экономика. 2024. № 1(33). С. 69–73.
8. Лещенко А.Н., Ефанов В.А. Ключевые факторы повышения производительности труда промышленных и сервисных предприятий и объединений в условиях перехода к Индустрии 4.0 // Экономика устойчивого развития. 2024. № 4(60). С. 308–312.
9. Наумов Д.В. Цифровая трансформация промышленных предприятий: экономический аспект // Теоретическая экономика. 2025 № 9. С.80–93.
10. Оборин М. С. Роль цифровых технологий в промышленном развитии региона // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2022. Т. 12, № 3. С. 73–84. DOI: 10.21869/2223-1552-2022-12-3-73-84.
11. Ратникова Е.А., Щеулина Т.В. Влияние рисков цифровизации на конкурентоспособность высокотехнологичных предприятий авиастроительной отрасли // Вестник Академии знаний. 2022. №1 (48). С. 267–277.
12. Фэн Пин. Риски экономической безопасности предприятия в условиях цифровой трансформации // Прогрессивная экономика. 2024. № 7. С. 155–163. DOI: 10.54861/27131211_2024_7_155.
13. Чудаева А. А. Учет рисков информационно-коммуникационных технологий в проектах цифровой трансформации промышленных предприятий // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2023. № 2–2. С. 201–205. DOI: 10.46554/ScienceXXI-2023.09-2.2-pp.201.
14. Dold L., Speck C. Resolving the productivity paradox of digitalised production // International Journal of Production Management and Engineering. 2021. Vol. No. 9(2). P. 65-80. DOI:10.4995/ijpme.2021.15058
15. Kudryavtseva T.Yu., Kozhina K.S., Prause G.K., Olaniyi E.O. Assessment of Economic Efficiency, Effects and Risks of Digitalization Projects of Garment Industry in Russia // Journal of Applied Economic Research. 2023. Vol. 22. No. 1. P. 72–98. DOI: 10.15826/vestnik.2023.22.1.004.

Digital risks as a factor limiting the efficiency of production processes in high-tech enterprises

Zemenkov N.S.

Moscow Aviation Institute (National Research University)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article is devoted to the problem of the impact of digital risks on the efficiency of production processes at high-tech enterprises in the context of deepening the digital transformation of industry. The paper considers the peculiarities of the development of high-tech sectors of the Russian economy, including the production of medicines and materials used for medical purposes, the production of computers, electronic and optical products, as well as aerospace production. Based on the analysis of scientific literature, it has been established that the introduction of digital technologies is not accompanied by a linear increase in productivity. The conclusion is made about the duality of the nature of digital transformation: digital technologies simultaneously act as a source of productivity improvement and a factor in the emergence of new production languages. It is revealed that the limiting influence of digital risks on the efficiency of production processes is implemented mainly through three key channels: 1) through an increase in transaction and organizational costs associated with maintaining digital infrastructure and coordinating digital processes; 2) through increasing the dependence of technological processes on the sustainability of digital infrastructures and information systems; 3) through increasing the dependence of production efficiency on the quality of human capital and the level of digital competencies of personnel. It is concluded that there is a need to move towards integrated digital risk management as an independent direction for ensuring the sustainability and efficiency of high-tech industries.

Keywords: high-tech production, digitization of production processes, digital risks, production efficiency.

References

1. Artemyev N.V., Makovetskiy M.Yu., Sotnikov Yu.N., Kuzmina N.V. Problems of using digital technologies in the real sector of the Russian economy // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2025. No. 3-2. pp. 195-203.
2. Boikova A.V., Vityakhova Yu.V. Digitalization of the Russian economy: challenges and advantages // Journal of Monetary Economics and Management. 2025. No. 7. pp. 334-339. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.76.62.042.
3. High-tech industries in Russia: the locomotive of long-term development in difficult geopolitical conditions // National Rating Agency. URL: https://www.ra-national.ru/wp-content/uploads/2025/11/obzor_nra_vysokotehnologichnaja_promyshlennost_rf_nojabr_2025.pdf (date of access: 04/14/2026).
4. Gavrilov V.E., Zatsarinny A.A. Problems and threats of the introduction of some new digital technologies // Systems and means of computer science. 2022. Vol. 32, No. 3. pp. 15-25.
5. Dzyubenko I.B. The development of Russian high-tech fast-growing companies in conditions of turbulence and economic transformation // Progressive Economy. 2024. No. 12. pp. 233-247. DOI: 10.54861/27131211_2024_12_233.
6. Zemenkov N.S. Improvement of production processes of high-tech enterprises in the context of global challenges and digital transformation // Financial markets and banks. 2025. No. 4. pp. 538-542.
7. Kovalev A.A., Sysoev D.E., Chernyshev A.V. The risks of introducing digital technologies in industrial enterprises // Digital and industrial economics. 2024. No. 1(33). pp. 69-73.
8. Leshchenko A.N., Efanov V.A. Key factors of increasing labor productivity of industrial and service enterprises and associations in the context of transition to Industry 4.0 // Economics of Sustainable Development. 2024. No. 4(60). pp. 308-312.
9. Naumov D.V. Digital transformation of industrial enterprises: an economic aspect // Theoretical economics. 2025 No. 9. pp.80-93.
10. Oborin M. S. The role of digital technologies in the industrial development of the region // Proceedings of the Southwestern State University. Series: Economics. Sociology. Management. 2022. Vol. 12, No. 3. pp. 73-84. DOI: 10.21869/2223-1552-2022-12-3-73-84.
11. Ratnikova E.A., Shcheulina T.V. The impact of digitalization risks on the competitiveness of high-tech enterprises in the aircraft industry // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2022. No. 1 (48). pp. 267-277.
12. Feng Ping. Risks of economic security of an enterprise in the context of digital transformation // Progressive Economy. 2024. No. 7. pp. 155-163. DOI: 10.54861/27131211_2024_7_155.
13. Chudaeva A. A. Taking into account the risks of information and communication technologies in projects of digital transformation of industrial enterprises // Science of the 21st century: current directions of development. 2023. No. 2-2. pp. 201-205. DOI: 10.46554/ScienceXXI-2023.09-2.2- page 201.
14. Dold L., Speck K. Solving the productivity paradox in digital production // International Journal of Production Management and Engineering. 2021. Volume No. 9(2). pp. 65-80. DOI:10.4995/ijpme.2021.15058
15. Kudryavtseva T.Yu., Kozhina K.S., Prause G.K., Olaniy E.O. Assessment of economic efficiency, effects and risks of garment industry digitalization projects in Russia // Journal of Applied Economic Research. 2023. Volume 22. No. 1. pp. 72-98. DOI: 10.15826/bulletin.2023.22.1.004.

От национальных норм к всеобъемлющему цифровому мониторингу: сравнительный анализ систем прослеживаемости пищевых товаров в России и Китае

Иванова Наталья Егоровна
аспирант, генеральный директор, ООО «Промконсервы»,
ivanova@promkonserv.ru

В статье приведен сравнительный анализ систем контроля безопасности пищевых продуктов в России и Китае. Проанализировано их развитие от устаревших методов к современным цифровым системам контроля и мониторинга. Особое внимание уделено российским системам, используемым в пищевой промышленности ФГИС «Меркурий» и обязательной системе маркировки каждой единицы товара «Честный знак». Одновременно анализируется китайская модель, основанная на децентрализованном подходе, «Платформе умного надзора», новых стандартах маркировки пищевых продуктов (GB 7718–2025) и оценки систем прослеживаемости (GB/T 46453–2025). В результате на ряду с положительными аспектами увеличения налоговых платежей, за счет товарооборота, выходящего из теневой экономики и минимизации контрафактных товаров, существуют отрицательные аспекты. Такие как увеличение расходов на приобретение оборудования, увеличение себестоимости производимого товара за счет дополнительной этикетки с маркировкой новым цифровым QR-кодом, привлечение дополнительного персонала, потери при ошибках персонала, участвующего в рассматриваемых автоматизированных системах. Опираясь на оцифрованные результаты проведенного опроса производств пищевой продукции в Смоленской области, непосредственно принимающих участие в российских инновационных системах контроля и мониторинга ФГИС «Меркурий» и «Честный знак», подтверждены уязвимые места и предложен план мероприятий по их локализации, после внедрения, которых будет получен результат, приводящий к созданию благополучного и привлекательного климата для ведения бизнеса в России.

Ключевые слова: цифровые системы, безопасность товара, мониторинг, контроль прослеживаемости, Честный знак, Китай; Россия.

Цифровизация в мировой экономике предоставляет государствам новые возможности по обеспечению безопасности и прозрачности цепочек поставок продуктов, что приводит к усилению государственного регулирования. Россия и Китай, будучи крупными участниками мирового рынка, применяют разные стратегии для создания национальных систем безопасности продукции. В первую очередь, за счет контроля прослеживаемости производства и движения товаров. Обе страны движутся от традиционных санитарных норм и правил к полному цифровому мониторингу. В России этот процесс был инициирован в 2019 году постановлением правительства Российской Федерации №515 «О системе маркировки товаров средствами идентификации и прослеживаемости движения товаров» которая характеризуется высокой степенью централизации и отслеживанием каждой товарной единицы посредством криптографически защищенных кодов Data Matrix [1, с. 1].

Китайская Народная Республика, опираясь на свой обширный опыт в области обязательной сертификации CCC (China Compulsory Certificate), в последние годы уделяет особое внимание разработке и внедрению специализированных цифровых стандартов для пищевой промышленности [2, с.1]. Важным шагом стало введение с марта 2025 года обновленных национальных правил GB 7718–2025, которые официально закрепили понятие цифровой этикетки, основанной на QR-кодах [3, с 13]. Далее, с мая 2026 года, вступил в силу стандарт GB/T 46453–2025, определяющий фундаментальные требования к оценке систем прослеживаемости, применяемых на предприятиях [4, с. 1]. В отличие от российской модели, которая ориентирована на индивидуальный учет каждого товара, китайская система на текущем этапе имеет более модульный характер. Она часто фокусируется на контроле целых партий продукции и на интеграции региональных платформ в единую государственную систему надзора. Кроме того, Китай активно усиливает контроль за импортной продукцией посредством модернизированной системы регистрации зарубежных производителей CIFER (China Import Food Enterprises Registration), номер которой теперь является обязательным для нанесения на упаковку товара [5]. Сравнительный анализ этих двух подходов к цифровому контролю позволяет не только оценить текущее состояние рынков, но и спрогнозировать дальнейшее развитие систем, направленных на защиту потребителей от контрафактной и небезопасной продукции в условиях масштаба торговой индустрии.

Для начала детально остановимся на системе прослеживаемости товаров пищевой промышленности в России. До внедрения комплексной системы «Честный знак» (ЧЗ), которая начала функционировать в пищевой отрасли с 2019 года, прослеживаемость продуктов питания в России осуществлялась посредством различных государственных структур и соответствующих информационных систем, каждая из которых отвечала за свою отрасль. В отличие от современного подхода, ориентированного на контроль каждой отдельной единицы товара, предыдущие механизмы в большей степени опирались на проверку документов и обеспечение ветеринарной безопасности. Ключевой системой, обеспечивавшей прослеживаемость в пищевом секторе до появления «Честного знака», была Федеральная Государственная Информационная Система (ФГИС) «Меркурий». Эта система была разработана для контроля продукции, подпадающей под ветеринарный надзор, включая мясо, рыбу, сырое молоко и позволяла осуществлять электронную сертификацию, а также отслеживать весь путь движения сырья, начиная от его производителя, перерабатывающего предприятия и конечного клиента. Стоит отметить, что помимо простой передачи товара между контрагентами в данной системе такое перемещение сопровождается электронными ветеринарными сертификационными документами (ЭВСД), в которых отображается информация по лабораторным исследованиям передаваемого товара. Если товар животного происхождения, например, молоко, то к документам прикрепляется еще справка о здоровье животных.

Существует также Единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС), разработанная для алкогольной отрасли, и являющаяся пионером в области цифрового контроля. Она позволяет отслеживать движение этилового спирта и алкогольной продукции от производства до конечного потребителя. Еще одной системой принято считать ФГИС «Зерно», которая позволяет отслеживать происхождение зерна и продуктов его переработки. Не стоит забывать и о том, что на начальных этапах отслеживание продукции не было полностью

цифровым. Вместо этого использовались физические методы защиты, такие как акцизные марки и бумажные носители, которые применялись в основном для алкоголя и табака.

В отличие от вышеуказанных, система «Честный знак» впервые обеспечила полный контроль над перемещением каждой единицы товара. Соответственно процесс получения информации от единицы сырья до производителя конечного продукта занимает несколько секунд (время на сканирование кода). Что позволяет кратно сократить время на выяснение участников цепочки прослеживаемости контролирующими органами, за счет уникальной идентификации каждой единицы товара, например, бутылки воды или молока с помощью защищенного кода Data Matrix. В пищевой промышленности ЧЗ уже охватывает такие важные категории, как молочная, рыбная, мясная, кондитерская продукция, упакованная питьевая вода, пиво и безалкогольные напитки. К 2026 году российская система распространилась сплошной маркировкой на широкий перечень товарных групп, который регулярно расширяется. Полный список закреплён в распоряжении Правительства РФ от 28.04.2018 №792-р с последующими дополнениями [6]. Таким образом, на сегодняшний день в России действует цифровая система ЧЗ, обеспечивающая полную прослеживаемость производимой продукции на всех этапах ее существования. Данная система создана для обеспечения прозрачности рынка и защиты потребителей от контрафактной продукции. Стратегическая политика правительства направлена на создание условий, исключающих нелегальное ведение бизнеса. Этой же точке зрения придерживается Н. А. Васильев, отмечая в своей статье положительный экономический эффект от внедрения системы маркировки в виде увеличения налоговых и таможенных поступлений в бюджеты соответствующих уровней за счет легализации товарных потоков. [7, с. 1-2].

Для участия в системе предприятиям необходимо пройти официальную регистрацию и получить усиленную квалифицированную электронную подпись. Центр развития перспективных технологий (ЦРПТ) генерирует для производителей и импортеров уникальные коды маркировки Data Matrix. Эти коды включают идентификатор и криптографическую защиту, гарантирующую их подлинность и предотвращающую фальсификацию. Перед поступлением в оборот каждый товар должен быть оснащен индивидуальным кодом. Движение товара между участниками цепочки поставок (от производителя к дистрибьютору и в розницу) документируется в электронном формате, с передачей соответствующих кодов маркировки в универсальных передаточных документах. Розничные точки подтверждают получение товара через систему, что позволяет государственным структурам анализировать и отслеживать товар. Финальный этап – продажа товара конечному потребителю, когда кассир сканирует код продаваемого товара происходит автоматическое выбытие товара из цифровых систем. В свою очередь, потребитель может с помощью мобильного приложения ЧЗ убедиться в легальности и свежести приобретенного продукта, участвуя в общественном контроле.

Следует отметить, что внедрение системы обязательной маркировки спровоцировало комплекс сложностей для производственных компаний, которые отражаются в ряде научных работ. Так, А. К. Субаева, на примере Альметьевского молочного комбината подтверждает возникновение расходов, приводящих к увеличению себестоимости производимого товара [9, с.16-17]. Помимо этого, анализ проведенного опроса производственных компаний Смоленской области показал, что программы поддержки предпринимателей на этапе внедрения ЧЗ не оказали экономического эффекта ни на стартовом этапе, ни впоследствии. В следствии чего преодолеть финансовую нагрузку на этапе внедрения не всем участникам малого бизнеса по силам, что повлекло сокращение объемов производства данным сегментом рынка. Расходы на приобретение оборудования для маркировки ранжируются в зависимости от масштаба производства. Так 5% опрошенных указали на уровень таких расходов достигающий 100 миллионов рублей, 39% до 50 миллионов рублей, а остальные до 10 миллионов рублей. 72% опрошенных показали увеличение времени на обработку одной товарной позиции и 67% высокую сложность внедрения. Также большая часть респондентов отметила увеличение штата на обслуживание новых систем, увеличение потерь в следствии ошибок, приводящих к не читаемости QR-кода и сложности с оперативностью ввода в оборот, поскольку не автоматизирован процесс. На вопрос о виде желаемой поддержки, 50% предпринимателей обозначили потребность в субсидиях на приобретение специального оборудования и бесплатное обучение сотрудников с уменьшением ручного труда в данном процессе. В результате у представителей бизнеса существуют определенные страхи перед предстоящей интеграцией кодов товаров через электронный документооборот (УПД) в объемно сортовом формате: передаются GTIN (код товара) и количество продукции.

В международной торговле действуют правила, диктуемые страной назначения. Российские экспортеры пищевой продукции не обязаны применять маркировку ЧЗ для продажи его за рубеж, поскольку система функционирует только в России. Однако они должны обеспечить соответствие товара требованиям стран-импортеров. Так, для экспорта в Китай необходимо использовать упрощенный китайский язык, соответствовать стандартам GB и иметь регистрационный номер завода в системе CIFER. В то же время, иностранные поставщики, ввозящие товары в Россию, обязаны маркировать их кодами ЧЗ до пересечения границы или обеспечить его нанесение на товар в специальных пунктах на таможенном терминале. Импортеры несут ответственность за корректность маркировки всех подлежащих ей товаров и их внесение в российскую государственную систему мониторинга.

Далее проведем анализ системы прослеживаемости в Китае. Китайская система контроля пищевых продуктов характеризуется децентрализованным подходом и существенным отличием от российской модели, поскольку в ней отсутствует единый национальный управляющий орган. Фундаментом для регулирования отрасли является «Закон о безопасности пищевых продуктов», последняя редакция которого в 2015 году установила для предприятий обязательство обеспечивать прозрачность своих цепочек поставок [8, с.1, 2–4, 10, 13–22]. Важнейшим государственным инструментом для мониторинга является «Платформа умного надзора за безопасностью пищевых продуктов» [11]. К 2025 году эта платформа уже интегрировала более миллиона профильных предприятий, используя передовые технологии, такие как искусственный интеллект и анализ больших данных, для сбора и обработки информации.

Процесс прослеживаемости охватывает весь путь продукта, начиная от его происхождения и заканчивая продажей конечному потребителю. В совокупности включает в себя четыре этапа. Сначала происходит закупка сырья, где фиксируется информация о поставщиках и результаты проверки качества. Затем следует производство, где тщательно документируются рецептуры и технологические процессы, а каждой партии присваивается уникальный идентификатор. На третьем этапе осуществляется складской учет и отгрузка, при этом продукция маркируется штрихкодами или QR-кодами стандарта GS1, указывающими количество и получателя. Наконец, этап реализации позволяет отследить конкретную партию в магазинах, что необходимо для быстрого отзыва в случае обнаружения проблем [10].

Сегодняшнее развитие системы связано с внедрением стандартов цифровой маркировки, среди которых ключевую роль играет стандарт GB 7718–2025, опубликованный в марте 2025 года [3, с. 13-14]. Эта система вводит понятие цифровой этикетки в виде QR-кодов, которые должны быть интегрированы с другими кодами на упаковке для создания единого идентификатора, содержащего сведения об ингредиентах, способах употребления и пищевой ценности. Официальное вступление в силу требований по цифровым этикеткам запланировано на 2027 год после двухлетнего переходного периода.

Современные системы прослеживаемости активно развиваются благодаря внедрению цифровой маркировки. В Китае ключевым является стандарт GB 7718–2025, вступивший в силу в марте 2025 года и предусматривающий использование цифровых этикеток в формате QR-кодов, которые будут объединяться с существующими кодами на упаковке для формирования единого идентификатора с информацией о составе, способах употребления и пищевой ценности. Обязательное применение этих цифровых этикеток ожидается с 16 марта 2027 года, после двухлетнего переходного периода. Дополнительно, с 1 мая 2026 года действует национальный стандарт GB/T 46453–2025, устанавливающий единые критерии оценки эффективности систем прослеживаемости на пищевых предприятиях. Для импортных товаров с 2022 года требуется регистрационный номер CIFER на каждой упаковке, а с марта 2026 года введены специальные правила использования QR-кодов для обеспечения полной прослеживаемости ввозимой продукции.

В целом, Россия и Китай совершили фундаментальный переход от традиционных санитарных норм к цифровому мониторингу, создав действенные, но концептуально различные механизмы прослеживаемости. Российская система ЧЗ выделяется своей централизованностью и возможностью отслеживать каждую единицу товара с помощью криптозащищенных кодов Data Matrix, что ставит ее в ряд самых передовых мировых систем по борьбе с розничным контрафактом, но провоцирует увеличение себестоимости товара. Единственным риском в созданной российской системе контроля является то, что создана она на иностранных платформах. Так летом 2025 года, предприятиям пришлось в полной мере ощутить сбои в работе ФГИС «Меркурий», с возвращением к бумажным сопроводительным документам. На восстановление работы системы ушло несколько месяцев. Отрицательные аспекты отражает так же Э. Тихомиров, описывая возможные решения возникающих угроз [11, с . 2].

Китайская же система, опираясь на Платформу умного надзора и интеграцию региональных сервисов, демонстрирует превосходную масштабируемость и гибкость, необходимые для управления колоссальными объемами производства путем контроля партий продукции [12] без использования иностранных платформ.

Исходя из вышеизложенного российскому государственному сектору рекомендуется:

- принять меры по созданию российских платформ для обеспечения бесперебойного функционирования созданных информационных систем;

- сформировать бюджет для поддержания бизнеса и компенсацию расходов на приобретение оборудования необходимого оборудования для внедрения инновационных цифровых систем;

- определить единые алгоритмы и инструкции для всех участников системы мониторинга с последующим бесплатным обучением;

- сформировать консультационные центры по разрешению возникающих вопросов с ограничением времени на предоставление исчерпывающей информации;

- проработать упрощение документооборота исключая дублирование функций и ручные операции.

Литература

1. Постановление правительства Российской Федерации от 26.04.2019 г. № 515 О системе маркировки товаров средствами идентификации и прослеживаемости движения товаров. – [Электронный ресурс]. –. – URL: http://government.ru/docs/all/121752/.
2. He, C. China Compulsory Certification (CCC): Complete Guide to Process and Compliance. – 2026. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.eabel.com/china-compulsory-certification/.
3. National standard of the People's Republic of China. GB 7718-2025. National food safety standard – General Standard for the Labeling of Prepackaged Foods. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://drive.google.com/file/d/1MZCCuLDUkS53EmLf7iNfuG8xPNWMcxo6/view?usp=sharing.
4. GB/T 46453-2025. General Rules for the Evaluation of Food Traceability Systems (English Version). – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.antpedia.com/standard/en/1367761364.html.
5. Россельхознадзор информирует о новых правилах регистрации зарубежных производителей пищевой продукции в китайской системе CIFER. – 2026. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://aemcx.ru/2026/06/03/rosselhoznadzor-informiruet-o-novyh-pravilah-registraczii-zarubezhnyh-proizvoditelej-pishhevoj-produkczii-v-kitajskoj-sisteme-cifer/.
6. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 28 апреля 2018 г. №792-р. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=505928.
7. Васильев, Н. А. Совершенствование системы маркировки «Честный знак» / Н. А. Васильев, А. О. Недоспасов // Диалог. – 2025. – № 15. – С. 1–3.
8. Закон Китайской Народной Республики о безопасности пищевой продукции. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://drive.google.com/file/d/1y3eFEHYwyOdWQ2MSmv3eCKZUvAN68hL5/view?usp=sharing.
9. Субаева, А. К. Использования системы «Честный знак» в производстве молочной продукции в Республике Татарстан на примере Альметьевского молочного комбината / А. К. Субаева, И. Л. Ибниев // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2023. – С. 14–17.
10. China introduces GS1 GTIN for customs clearance. – 2019. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.gs1.org/resources/articles/china-introduces-gs1-gtin-customs-clearance.
11. Тихомиров, Э. Почему иностранные git-платформы – это риск для россисйких компаний. – 2026. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://itrussia.media/ru/article/pochemu-inostrannye-git-platformy-eto-risk-dlya-rossiyskikh-.
12. China establishes food safety supervision system. – 2021. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.tridge.com/news/china-establishes-food-safety-supervision-system.

From national standards to comprehensive digital monitoring: comparative analysis of food traceability systems in Russia and China

Ivanova N.E.

LLC «Promkonservy»

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article provides a comparative analysis of food safety control systems in Russia and China. Their development from outdated methods to modern digital control and monitoring systems was analyzed. Particular attention is paid to Russian systems used in the food industry FSIS "Mercury" and the mandatory labeling system for each unit of goods "Honest Sign." At the same time, the Chinese model is being analyzed, based on a decentralized approach, the "Smart Surveillance Platform," new food labeling standards (GB 7718-2025) and the evaluation of traceability systems (GB/T 46453-2025). As a result, along with the positive aspects of increasing tax payments, due to the turnover emerging from the shadow economy and minimizing counterfeit goods, there are negative aspects. Such as an increase in the cost of purchasing equipment, an increase in the cost of manufactured goods due to an additional label with a new digital QR code, the involvement of additional personnel, losses in case of errors of personnel involved in the considered automated systems. Based on the digitized results of a survey of food products in the Smolensk region, directly participating in the Russian innovative control and monitoring systems of the Mercury and Honest Sign Federal State Information Systems, vulnerabilities were confirmed and an action plan for their localization was proposed after implementation, which will result in a favorable and attractive climate for doing business in Russia.

Keywords: digital systems, product safety, monitoring, traceability control, Honest sign, China, Russia.

References

1. [Resolution of the Government of the Russian Federation dated April 26, 2019 No. 515 On the System of Marking Goods by Means of Identification and Traceability of Goods Movement] . – [Elektronnyj resurs]. –. – URL: http://government.ru/docs/all/121752/ (In Russian).
2. He, C. China Compulsory Certification (CCC): Complete Guide to Process and Compliance. – 2026. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.eabel.com/china-compulsory-certification/.
3. National standard of the People's Republic of China. GB 7718-2025. National food safety standard – General Standard for the Labeling of Prepackaged Foods. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://drive.google.com/file/d/1MZCCuLDUkS53EmLf7iNfuG8xPNWMcxo6/view?usp=sharing.
4. GB/T 46453-2025. General Rules for the Evaluation of Food Traceability Systems (English Version). – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.antpedia.com/standard/en/1367761364.html.
5. [Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance Informs on New Rules for Registration of Foreign Food Producers in the Chinese CIFER System] . – 2026. – [Elektronnyj resurs]. –. – URL: https://aemcx.ru/2026/06/03/rosselhoznadzor-informiruet-o-novyh-pravilah-registraczii-zarubezhnyh-proizvoditelej-pishhevoj-produkczii-v-kitajskoj-sisteme-cifer/ (In Russian).
6. Pravitel'stvo Rossijskoj Federatsii. [Order dated April 28, 2018 No. 792-r] . – [Elektronnyj resurs]. –. – URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=505928 (In Russian).
7. Vasil'ev, N. A. [Improvement of the 'Honest Sign' Marking System] / N. A. Vasil'ev, A. O. Nedospasov // Dialog. – 2025. – № 15. – S. 1–3 (In Russian).
8. [Law of the People's Republic of China on Food Safety] . – [Elektronnyj resurs]. –. – URL: https://drive.google.com/file/d/1y3eFEHYwyOdWQ2MSmv3eCKZUvAN68hL5/view?usp=sharing (In Russian).
9. Subaeva, A. K. [The Use of the 'Honest Sign' System in Dairy Product Production in the Republic of Tatarstan: The Case of Almetyevsk Dairy Plant] / A. K. Subaeva, I. L. Ibniev // Sborniki konferentsij NITs Sotsiosfera. – 2023. – S. 14–17 (In Russian).
10. China introduces GS1 GTIN for customs clearance. – 2019. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.gs1.org/resources/articles/china-introduces-gs1-gtin-customs-clearance.
11. Tikhomirov, E. [Why Foreign Git Platforms Are a Risk for Russian Companies] . – 2026. – [Elektronnyj resurs]. –. – URL: https://itrussia.media/ru/article/pochemu-inostrannye-git-platformy-eto-risk-dlya-rossiyskikh- (In Russian).
12. China establishes food safety supervision system. – 2021. – [Электронный ресурс]. –. – URL: https://www.tridge.com/news/china-establishes-food-safety-supervision-system.

Перспективы развития животноводства в Запорожской области

Кальченко Сергей Владимирович
д. экон. н., проф.,

Перепелица Ольга Юрьевна
аспирант, Мелитопольский государственный университет, swk14336@mail.ru

Проблема исследования и обоснование ее актуальности. В научной статье рассматривается теоретические и методические основы развития отечественного животноводства в системе фермерских хозяйств в условиях современных реалий. Особое внимание уделено необходимости стратегического планирования перспектив отрасли на воссоединенных регионах. **Целью исследования** является изучение теоретико-методических аспектов анализа перспектив обеспечения эффективного функционирования производства продукции животноводства на базе семейных форм аграрного предпринимательства Запорожской области в рамках формирования условий для устойчивого социально-экономического развития региона. **Методологической основой** были исследования отечественных и зарубежных ученых, посвященных проблеме обеспечения эффективного функционирования семейных форм аграрного предпринимательства, исходя из их двойственной социально-экономической природы, а также особенностей функционирования отечественного аграрного сектора на современном этапе на принципах устойчивого развития. Основным **результатом работы** следует считать обоснование прогнозирования развития отрасли животноводства на базе семейных форм аграрного предпринимательства Запорожской области. Сформулированы принципы проведения соответствующих исследований, которые предполагают дифференцированный подход к разработке оптимизационных рекомендаций и выбору индикаторов в качестве ориентировочных результативных показателей. В процессе исследования был предложен алгоритм разработки стратегических направлений обеспечения развития животноводства в системе фермерских хозяйства Запорожской области. Полученные результаты могут быть использованы в при разработки и реализации региональных программ, направленных на обеспечение эффективного функционирования семейного предпринимательства в системе сельских территорий.
Ключевые слова: аграрное производство, животноводство, социальный эффект, устойчивое развитие, фермерские хозяйства, экономический эффект.

Введение

На современном этапе социально-экономического развития воссоединенных регионов Российской Федерации важную роль играют представители малых форм хозяйственной деятельности. Они не только обеспечивают удовлетворение потребностей населения по целому ряду позиций рынка товаров и услуг, но также являются одним из существенных факторов стабилизации доходов населения и снижения регионального уровня безработицы.

В данном аспекте приобретает особую значимость создание условий для эффективного развития малого и среднего бизнеса в системе сельских территорий Запорожского региона. Учитывая специфику социально-экономической природы крестьянского хозяйства, который, по нашему мнению, следует рассматривать в качестве одного из базовых сельских институтов, наиболее перспективным направлением устойчивого развития данной агломерации является стимулирование конкурентоспособного функционирования животноводства на базе семейных форм аграрного предпринимательства. Указанные обстоятельства обусловили характер формулировки цели исследования, специфику предмета, объекта, а также поставленных задач.

Целью статьи является изучение теоретико-методических аспектов анализа перспектив обеспечения эффективного функционирования производства продукции животноводства на базе семейных форм аграрного предпринимательства Запорожской области в рамках формирования условий для устойчивого социально-экономического развития региона.

Обзор литературы

Вопросы, связанные с обеспечением эффективного функционирования животноводства в целом, и на базе представителей семейного аграрного предпринимательства, в частности, были предметом изучения отечественных и зарубежных исследователей. Отдельное внимание уделялось реализации программ стимулирования развития данного сегмента аграрного производства в рамках государственной социально-экономической политики на основе прогнозирования перспектив его дальнейшего генезиса.

Теоретические и методологические основы производственно-хозяйственной активности семейных аграрных формирований, а также особенности их деятельности, связанные с двойственной социально-экономической сущностью, рассматривались в работах А.М. Макарова[7], А.В. Чаянова[11], А.Н. Челинцева[13] и др. В частности, отмечалась важность стимулирования со стороны государственных институтов процесса консолидации ресурсного потенциала крестьянских хозяйств на базе объединений кооперативного типа.

Вопросы функционирования отечественных фермерских хозяйств как важного элемента национальной системы аграрного производства нашли свое отражение в работах И.В. Застрожниковой [4], А.В. Печенкина [8], Г.Н. Стадника [10] и др. В частности, отмечалась важность обеспечения привлечения инвестиционных средств для представителей семейного аграрного предпринимательства, указывалось на роль государственных институтов в данном аспекте.

Современные особенности развития отечественной отрасли животноводства на базе фермерских хозяйств рассматривались в исследованиях А.В. Завьялова [3], Ю.А. Китаева [6], Н.В. Решетниковой [9] и др. Отмечалась необходимость реализации научно обоснованных моделей осуществления производственно-хозяйственной деятельности, предполагающих высокий уровень механизации технологических процессов.

В то же время, следует отметить, что целый ряд вопросов, связанных с оценкой перспектив развития животноводства в системе фермерских хозяйств Запорожской области, требуют своего дополнительного изучения. Особое внимание необходимо уделить влиянию специфики современных реалий функционирования региона, учитывающих воздействие неэкономических факторов. По нашему мнению, соответствующая оптимизация теоретико-методического обеспечения способна оказать позитивное воздействие на процесс прогнозирования приоритетов устойчивого социально-экономической активности на воссоединенных территориях.

Методология (материалы и методы)

В качестве теоретической и методологической базы исследования были использованы принципы концепции устойчивого развития [1], а также теории семейно-трудового крестьянского хозяйства [12]. В частности, предполагается рассматривать систему мероприятий, направленных на обеспечение эффективного функционирования отрасли в системе

семейных форм аграрного предпринимательства как важный элемент устойчивого развития региона. Особое внимание в данном аспекте следует акцентировать на сохранении, воспроизводстве и качественном улучшении окружающей среды. Предпринимательская активность семейных аграрных формирований в сфере животноводства рассматривается как результат комплексного взаимодействия социальных и экономических процессов, определяющих характер деятельности современных крестьянских хозяйств.

Результаты и их описание

Следует отметить, что рассматриваемое отраслевое направление в меньшей степени привязано к использованию больших площадей сельскохозяйственных угодий и в минимальной степени зависит от плодородия земель, находящихся в непосредственной близости от села. Кроме того, эффективное функционирование соответствующих производств позволяет развивать в рамках сельских агломераций предпринимательские структуры, оказывающие сервисные услуги, занимающиеся хранением и переработкой созданной продукции. Это, в свою очередь, повышает уровень инвестиционной привлекательности сельских территорий и региона в целом.

Отдельно необходимо указать на то обстоятельство, что обеспечение эффективного функционирования высокотехнологичных производств предполагает наличие персонала соответствующей квалификации, способного решать не только производственно-технологические, но и организационно-экономические задачи. Таким образом, речь одет об обеспечении устойчивого развития сельских агломераций, в основе которого заложен процесс интенсификации одного из базовых направлений эффективного функционирования сельскохозяйственного производства.

При этом достижение соответствующих целей требует осуществления предварительного прогнозирования на предмет возможности решения поставленных задач, а также вопросов, связанных с необходимостью привлечения дополнительных ресурсов (трудовых, материально-технических, финансовых и информационных). Указанные обстоятельства обуславливают целесообразность разработки и обоснования теоретико-методических подходов прогнозирования развития отрасли животноводства на базе семейных форм аграрного предпринимательства Запорожской области. В основу исследования были положены следующие принципы.

1.Значимость планируемых результатов определяется характером их воздействия на процессы устойчивого развития региона, а также временем практической реализации (долго-, средне- и краткосрочный период). В данном аспекте приобретает особую значимость выбор показателей, отражающих предполагаемый эффект. Относительные индикаторы (продуктивность, уровень рентабельности и др.) предполагается рассматривать как более существенные, чем абсолютные (поголовье, валовое производство продукции и т.д.).

2.Действующие стратегические документы федерального и регионального уровня рассматриваются в качестве основы для определения целей и задач, которые необходимо достигнуть в рамках реализации проектируемых мероприятий. При определении численных значений прогнозных абсолютных показателей эффективности предполагается ориентироваться на аналогичные данные, характерные для регионов со сходными природно-климатическими условиями. Важным аспектом в этой связи является учет состояния социально-экономического развития региона.

3.Формулировка предлагаемых мероприятий, исходя из характера их ориентировочного влияния на ориентиры. В данном аспекте следует учитывать то обстоятельство, что в условиях существующих реалий аграрный сектор Запорожской области, в том числе его животноводческое направление, будет функционировать в режиме переформатирования, когда необходимо внедрять иные модели производственно-хозяйственной активности. В этой связи целесообразность практического воплощения конкретных предложений будет в значительной степени определяться их новизной для региона, а также способностью решать имеющиеся проблемы.

4.Особенности выбора показателей, на основании значения которых будет осуществляться оценка уровня результативности осуществления комплекса предлагаемых мероприятий. Прежде всего, выбор соответствующих индикаторов, а также их направленность (производство, экономика, демография и т.д.) определяется ранее заявленными целями и поставленными задачами. Кроме того, важную роль играет выбор ориентировочных числовых значений выбранных показателей. По нашему мнению, с учетом специфики отраслевого направления, наиболее целесообразным является их установление на уровне, сопоставимом с соседними регионами, имеющими сходные природно-климатические условия. В то же время следует учитывать современные реалии развития Запорожской области, определяющие общие темпы социально-экономического восстановления региона.

5.Необходимость применения сценарного подхода, отражающего вариативность ожидаемых результатов в условиях имеющихся рисков и неопределенности. Учитывая современные обстоятельства, необходимо рассматривать несколько возможностей практической реализации предлагаемых мероприятий, а также оценивать влияние морально-психологической составляющей. В частности, следует принимать во внимание высокий уровень консерватизма среди представителей семейных аграрных формирований, их неготовность в широкой массе быстро трансформировать собственную производственно-хозяйственную модель.

Предлагаемый алгоритм исследования представляет собой логичную последовательность операций по сбору, обработке и интерпретации информационного материала. Каждый из этапов нацелен на достижение определенной цели, которая впоследствии определяет не только выводы в целом, но также и информационную сущность практических рекомендаций, предлагаемых для представителей анализируемого сегмента аграрного предпринимательства в регионе, а также профильных государственных институтов (рис.1).

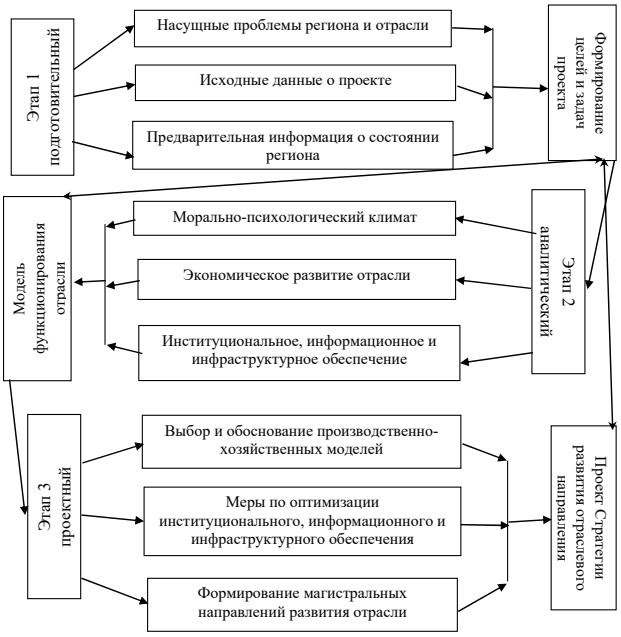


*Рис. 1 – Алгоритм разработки стратегических направлений обеспечения развития животноводства в системе фермерских хозяйств Запорожской области**
**Разработка автора*

Важным элементом алгоритма является необходимость постоянного соотнесения результатов, полученных в процессе реализации каждого этапа (разработанная модель, стратегия развития) с теми целями, которые были сформулированы изначально. Мы отдаем себе отчет в том, что результаты обработки данных, отражающих фактическое состояние рассматриваемого отраслевого направления, могут потребовать определенной корректировки ранее обозначенных задач. Также необходимо отметить то обстоятельство, что предлагаемые производственно-хозяйственные модели должны соответствовать различным комбинациям ресурсного потенциала представителей семейного аграрного предпринимательства.

По нашему мнению, сформулированные принципы обеспечения эффективного развития животноводства на базе фермерских хозяйств в случае их практической реализации в рамках соответствующего программного документа способны оказать позитивное воздействие не только на характер функционирования сельского хозяйства регионе. Активная деятельность представителей семейного аграрного предпринимательства является одним из базовых условий устойчивого развития сельских территорий.

Заключение

В статье изучены теоретические и методические аспекты развития отечественного животноводства в системе фермерских хозяйств. Доказана целесообразность разработки стратегии развития данного сегмента сферы аграрного производства в воссоединенных регионах. В процессе

исследования сформулированы основные принципы осуществления прогнозирования развития животноводства на базе фермерских хозяйств Запорожской области. Предложен алгоритм разработки стратегических направлений обеспечения развития животноводства в системе фермерских хозяйства данного региона. Практическая реализация результатов исследования будет способствовать повышению эффективности деятельности соответствующих государственных институтов, а также окажет позитивное воздействие на процесс устойчивого развития сельских территорий.

Благодарности

Статья опубликована в рамках научной темы № FRRS-2026-0025 «Институциональное обеспечение устойчивого развития Запорожской области», финансируемой за счет федерального бюджета. Учредитель: Министерство высшего образования и науки Российской Федерации.

Литература

1. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский. М. Наука. 1988. - 520с.
2. Джабборова, З. М. Активизация инвестиционной поддержки развития мясопродуктового подкомплекса региона / З. М. Джабборова, Р. Б. Махмадизод // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. – 2023. – № 11. – С. 181-185. – EDN AJZOAQ.10.55186/25876740_2025_68_2_161. – EDN TRGJEE.
3. Завьялов, А. В. Анализ животноводческой отрасли в разрезе категорий хозяйств / А. В. Завьялов // Учет и статистика. – 2026. – Т. 23, № 1. – С. 97-112. – DOI 10.54220/1994-0874.2026.44.92.020. – EDN RPTSYX.
4. Застрожникова, И. В. Зарубежный и отечественный опыт государственной поддержки малых форм хозяйствования как фактор устойчивого экономического и экологического развития регионов / И. В. Застрожникова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2025. – № 11(130). – С. 9-19. – DOI 10.33938/2511-9. – EDN UEGZGF.
5. Кадомцева, М. Е. Оценка влияния изменения климата на сельскохозяйственных производителей, занятых в отрасли животноводства (на примере Саратовской области) / М. Е. Кадомцева, А. А. Вяльшина // АПК: экономика, управление. – 2025. – № 4. – С. 97-107. – DOI 10.33305/254-97. – EDN THXNPW.
6. Китаев, Ю. А. Анализ развития крестьянских (фермерских) хозяйств в отрасли животноводства / Ю. А. Китаев, А. А. Гайдаенко, В. Н. Бочарникова // Экономика сельского хозяйства России. – 2025. – № 8. – С. 63-68. – DOI 10.32651/258-63. – EDN LVISHZ.
7. Макаров, Н. П. Крестьянское хозяйство и его эволюция / Н. Макаров ; Совет Всероссийских кооперативных съездов. - Москва : тип. Н. Желудковой, 1920. – 23 с.
8. Печенкин, А. В. Систематизация направлений инвестирования в малых формах хозяйствования АПК России / А. В. Печенкин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2026. – № 1. – С. 200-205. – DOI 10.31442/0235-2494-2026-0-1-200-205. – EDN PJIRFX.
9. Решетникова, Н. В. Проблемы и перспективы развития малых форм хозяйствования мясопродуктового подкомплекса (на примере Саратовской области) / Н. В. Решетникова, М. Е. Кадомцева // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова. – 2025. – № 4. – С. 331-339. – DOI 10.29025/1994-7720-2025-4-331-339. – EDN KFMXOU.\
10. Стадник, Г. Н. Повышение эффективности функционирования крестьянских (фермерских) хозяйств через оптимизацию механизма государственной поддержки / Г. Н. Стадник // Управленческий учет. – 2026. – № 2. – С. 128-136. – EDN BFUXSQ.
11. Чаянов А. В. Краткий курс кооперации. / А.В. Чаянов Москва: Кооперативное товарищество, 1925. – 80с.
12. Чаянов А.В. Природа крестьянского хозяйства и земельный режим. / Чаянов А.В., Макаров Н.П. Труды III Всероссийского съезда Л.А.Р. Москва. 1918. – 86с.
13. Челинцев А.Н. Теоретические основания организации крестьянского хозяйства. / А.Н. Челинцев. Харьков. 1919. – 178с.
14. Шелковников, С. А. Соотношение экстенсивного и интенсивного факторов роста производства молока в Российской Федерации в разрезе категорий хозяйств / С. А. Шелковников, П. М. Федяев // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 11. – С. 90-95. – DOI 10.32651/2411-90. – EDN KXIEQF.

Prospects for Livestock Development in the Zaporizhzhia Region

Kalchenko S.V., Perepelitsa O.Yu.
Melitopol State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The research problem and justification of its relevance. The scientific article considers the theoretical and methodological foundations of the development of domestic animal husbandry in the system of farms in the context of modern realities. Particular attention is paid to the need for strategic planning of the industry's prospects in the reunified regions. The objective of the study is to examine the theoretical and methodological aspects of analyzing the prospects for ensuring the effective functioning of livestock production based on family forms of agricultural entrepreneurship in the Zaporizhzhia region within the framework of creating conditions for the sustainable socio-economic development of the region. The methodological basis was the research of domestic and foreign scientists devoted to the problem of ensuring the effective functioning of family forms of agricultural entrepreneurship, based on their dual socio-economic nature, as well as the specifics of the functioning of the domestic agricultural sector at the present stage based on the principles of sustainable development. The main result of the work should be considered the substantiation of forecasting the development of the livestock industry based on family forms of agricultural entrepreneurship in the Zaporizhzhia region. The principles of conducting relevant research are formulated, which suggest a differentiated approach to the development of optimization recommendations and the selection of indicators as indicative performance indicators. The study proposed an algorithm for developing strategic guidelines for promoting livestock farming in the Zaporizhzhia region. The results can be used in the development and implementation of regional programs aimed at ensuring the effective functioning of family businesses in rural areas.

Keywords: agricultural production, livestock farming, social impact, sustainable development, farms, economic impact.

References

1. Vernadsky V.I. Philosophical thoughts of a naturalist / V.I. Vernadsky. M. Nauka. 1988. - 520 p.
2. Jabborova, Z. M. Activation of investment support for the development of the meat products subcomplex of the region / Z. M. Jabborova, R. B. Makhmadizod // Bulletin of the Tajik National University. Series of socio-economic and social sciences. - 2023. - №. 11. - P. 181-185. - EDN AJZOAQ.10.55186 / 25876740_2025_68_2_161. - EDN TRGJEE.
3. Zavyalov, A. V. Analysis of the livestock industry by farm categories / A. V. Zavyalov // Accounting and statistics. – 2026. – Vol. 23, No. 1. – Pp. 97-112. – DOI 10.54220/1994-0874.2026.44.92.020. – EDN RPTSYX.
4. Zastrozhnikova, I. V. Foreign and domestic experience of state support of small farms as a factor in sustainable economic and environmental development of regions / I. V. Zastrozhnikova // Economy, labor, management in agriculture. – 2025. – No. 11(130). – Pp. 9-19. – DOI 10.33938/2511-9. – EDN UEGZGF.
5. Kadomtseva, M. E. Assessing the Impact of Climate Change on Agricultural Producers Engaged in the Livestock Sector (using the Saratov Region as an Example) / M. E. Kadomtseva, A. A. Vyalshina // AIC: Economics, Management. - 2025. - No. 4. - Pp. 97-107. - DOI 10.33305/254-97. - EDN THXNPW.
6. Kitaev, Yu. A. Analysis of the development of peasant (farmer) households in the livestock sector / Yu. A. Kitaev, A. A. Gaidaenko, V. N. Bocharnikova // Economics of Agriculture of Russia. - 2025. - №. 8. - P. 63-68. – DOI 10.32651/258-63. – EDN LVISHZ.
7. Makarov, N. P. Peasant Economy and Its Evolution / N. Makarov ; Council of All-Russian Cooperative Congresses. - Moscow : №. Zheludkova, 1920. – 23 p.
8. Pechenkin, A. V. Systematization of Investment Directions in Small-Scale Farming in the Russian AIC / A. V. Pechenkin // Economy of Agricultural and Processing Enterprises. - 2026. - №. 1. - Pp. 200-205. – DOI 10.31442/0235-2494-2026-0-1-200-205. – EDN PJIRFX.
9. Reshetnikova, N. V. Problems and Prospects for the Development of Small-Scale Enterprises in the Meat-Production Subcomplex (using the Saratov Region as an Example) / N. V. Reshetnikova, M. E. Kadomtseva // Bulletin of the K. L. Khetagurov North Ossetian State University. - 2025. - No. 4. - Pp. 331-339. - DOI 10.29025/1994-7720-2025-4-331-339. - EDN KFMXOU.\
10. Stadnik, G. N. Improving the Efficiency of Peasant (Farm) Enterprises through Optimization of the State Support Mechanism / G. N. Stadnik // Management Accounting. - 2026. - No. 2. - Pp. 128-136. - EDN BFUXSQ.
11. Chayanov A.V. Short course of cooperation. / A.V. Chayanov Moscow: Cooperative Partnership, 1925. – 80 p.
12. Chayanov A.V. The nature of peasant farming and land regime. / Chayanov A.V., Makarov N.P. Proceedings of the III All-Russian Congress of L.A.R. Moscow. 1918. – 86 p.
13. Chelintsev A.N. Theoretical foundations of the organization of peasant farming. / A.N. Chelintsev. Kharkiv. 1919. – 178s
14. Shelkovnikov, SA Correlation of Extensive and Intensive Factors of Milk Production Growth in the Russian Federation by Farm Categories / SA Shelkovnikov, PM Fedyaev // Economics of Agriculture in Russia. – 2024. – No. 11. – P. 90-95. – DOI 10.32651/2411-90. – EDN KXIEQF.

Организационно-экономическая архитектура цифрового модуля «Пространственная связность» как инструмента параметрического управления трудовой мобильностью

Кондратьев Роман Александрович
аспирант, АНО ВО «РосНОУ», gx.fatigue@gmail.com

Статья описывает решение проблемы социально-экономической дифференциации субъектов Российской Федерации в условиях минимума безработицы (2,2%) и дефицита трудовых ресурсов. Доказано, что стандартные меры государственной поддержки теряют эффективность, так как не учитывают региональную разницу в стоимости жизни и инфраструктурных издержках. Для решения этой проблемы разработана архитектура цифрового модуля «Пространственная связность» под экосистему платформы «Работа России». Разработан алгоритм параметрического управления мерами государственной поддержки, в основе которого лежит динамический расчет арендной субсидии с использованием официальных нормативов Минстроя России, доходного подхода к оценке недвижимости (Федеральный стандарт оценки N 7) и регионального коэффициента адаптивности (K_A). Апробация модели подтвердила математическую корректность и гибкость предложенного инструментария. Внедрение модуля превратит государственный портал занятости в активный механизм параметрического управления миграцией. Это перераспределит кадры в стратегические отрасли экономики и устранит барьеры при релокации специалистов.

Ключевые слова: пространственная связность, трудовая мобильность, дефицит кадров, региональные диспропорции, территориальное перераспределение, коэффициент адаптивности, сбалансированное развитие.

Структурная трансформация экономики сегодня продиктована курсом на технологический суверенитет в условиях санкций. В новой макроэкономической реальности главным барьером для развития регионов становится нехватка трудовых ресурсов. Уровень безработицы в 2,2%, зафиксированный на конец 2025 года, свидетельствует о переходе локальных рынков к кадровому дефициту [10]. В этих условиях изменяются принципы межрегиональной конкуренции за ресурсы. Ранее субъекты Российской Федерации боролись за привлечение внешних инвестиций, но сегодня акцент сместился в сторону борьбы за удержание и привлечение квалифицированного человеческого капитала. Поэтому демографический и квалификационный потенциал территории становится фактором, которые определяет направление дальнейшего развития социально-экономических диспропорций регионов.

Существующий инструментарий государственного регулирования развития регионов показывает снижение своей эффективности. Традиционные методы стимулирования трудовой мобильности, закрепленные в программах повышения мобильности трудовых ресурсов, зачастую носят универсальный характер. Применение единообразных мер финансовой поддержки, которые привязаны к показателю минимального размера оплаты труда или фиксированные лимиты субсидирования, не учитывает асимметрию социально-экономического пространства Российской Федерации.

Проблема в том, что в высокодоходных регионах (например, в Магаданской области или Ямало-Ненецком автономном округе) объем государственных субсидий не покрывает даже 25% фактических издержек специалиста при релокации. В то же время регионы-доноры Центральной России (например, Орловская область) сталкиваются со снижением объемов трудовых ресурсов из-за слишком высокой конкуренции с крупными агломерациями по уровню располагаемых доходов населения. Барьером для оптимального распределения трудовых ресурсов выступает не отсутствие рабочих мест, а инфраструктурные издержки, в первую очередь это стоимость аренды жилья и общая стоимость жизни.

Чтобы решить эту проблему, необходимы гибкие механизмы управления. Требуется инструмент, способный в реальном времени рассчитывать меры государственной поддержки под специфику каждого региона.

Проблема региональных диспропорций исследована достаточно глубоко. Фундаментальные причины территориальной асимметрии раскрыты в работах В.И. Пантина [5], а также И.А. Антипина, Н.Ю. Власовой и Е.А. Шишкиной [7]. Связь территориальной неравномерности с процессами изменения трудовой мобильности исследована в трудах Е.А. Колесник и В.С. Половинко [9]. Общие вопросы воздействия цифровизации на структуру занятости рассматриваются в исследованиях А.В. Муханова [8].

Целью исследования стало обоснование архитектуры и функциональных требований к цифровому модулю «Пространственная связность», который предназначен для интеграции в экосистему платформы «Работа России». Этот инструмент автоматизирует процесс сопоставления вакансий с доступной жилой инфраструктурой и включает динамический расчет субсидий. Это превратит государственную систему занятости из базы вакансий в активный механизм управления трудовой мобильностью и преодоления социально-экономической дифференциации субъектов Российской Федерации.

Правовую базу модуля задает Федеральный закон от 12.12.2023 № 565 «О занятости населения в Российской Федерации». Статья 31 напрямую определяет финансовую поддержку работодателей как субсидию [1]. Такая формулировка позволяет правомерно внедрять гибкие форматы стимулирования миграции. Эти механизмы конкретизирует Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 N 298 (ред. от 19.12.2025) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Содействие занятости населения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2026), регулирующего предоставление субсидий из федерального бюджета субъектам Российской Федерации для поддержки работодателей, которые участвуют в региональных программах повышения мобильности трудовых ресурсов [2].

Сейчас средства часто распределяются на основе статичных показателей, без учета региональной специфики. Альтернативой может стать система параметрического управления, автоматически рассчитывающая объем поддержки по рыночным индикаторам.

В основе расчетов модуля лежит базовая ставка арендной субсидии ($S_{\text{базовая}}$). На её основе алгоритм корректирует итоговую сумму с помощью региональных коэффициентов. Чтобы исключить фактор субъективности, базовая ставка рассчитывается алгоритмом:

$$S_{\text{базовая}} = \left(N_{\text{Минстрой}} \times 33\right) \times R$$

Здесь $N_{\text{Минстрой}}$ представляет федеральный норматив стоимости квадратного метра жилья, который Минстрой России утверждает каждые полгода. Использование этого показателя гарантирует актуальность расчетов и их привязку к официальным макроэкономическим индикаторам. Значение за второе полугодие 2025 года закреплено в Приказе Минстроя России от 02.07.2025 № 394 «О нормативе стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по Российской Федерации на второе полугодие 2025 года и средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на III квартал 2025 года» [3].

Параметр 33 кв. м это социальная норма площади жилого помещения, установленная для одного специалиста. Исходя из этого индикатора, система рассчитывает необходимый минимум жилищной инфраструктуры для релоцируемого специалиста.

Параметр R это коэффициент доступности аренды. Он базируется на доходном подходе к оценке недвижимости, закрепленном в Приказе Минэкономразвития России от 25.09.2014 № 611 (ред. от 14.04.2022) "Об утверждении Федерального стандарта оценки "Оценка недвижимости (Федеральный стандарт оценки N 7)" [4].

Величина коэффициента R обосновывается через анализ рыночной доходности жилой недвижимости в Российской Федерации, которая варьируется в диапазоне 4-6% годовых. Медианное месячное значение коэффициента фиксируется на уровне 0,004 (что соответствует 4,8% годовых). Такой подход очищает расчетную базу от локальных колебаний и формирует справедливый норматив компенсации.

Применяя разработанную методологию к актуальным статистическим данным, получаем расчет федеральной базовой величины субсидии:

- Нормативная стоимость жилого помещения: 113 685 руб.× 33 кв. м = 3 751 605 руб.

- Базовая месячная арендная ставка: 3 751 605 руб.× 0,004 = 15 006 руб.

Итоговая базовая ставка субсидии составляет 15 006 рублей. Эта величина является стартовой точкой для работы алгоритма модуля «Пространственная связность», который через региональный коэффициент адаптивности (K_A) преобразует её в адресную меру поддержки в соответствии с условиями конкретного субъекта Российской Федерации. [6]

Научная новизна заключается в новом взгляде на проблему. Предлагается превратить платформу «Работа России» из базы вакансий в активный инструмент планирования релокации. Технически это реализуется через прямой обмен данным между рынком труда и реестрами недвижимости.

Архитектура модуля (рисунок 1) строится по принципу централизованного ядра обработки данных, взаимодействующего с внешними информационными системами посредством API-интерфейсов.

Рисунок 1. Схема архитектуры модуля «Пространственная связность»

Контур входящих данных в режиме реального времени агрегирует сведения из Государственной информационной системы жилищно-коммунального хозяйства (далее - ГИС ЖКХ) и коммерческих сервисов долгосрочной аренды. Через API ГИС ЖКХ система автоматически верифицирует объекты недвижимости по кадастровым номерам. Это исключает риски мошенничества и гарантирует соискателю наличие реальной жилой инфраструктуры в радиусе транспортной доступности от потенциального места работы.

Аналитическое ядро сопоставляет уровень предлагаемой заработной платы с актуальной стоимостью аренды и жизни в конкретном регионе. В этом блоке программно реализован алгоритм расчета регионального коэффициента адаптивности (K_A) и итогового размера субсидии.

В интерфейсном контуре конечный пользователь (соискатель или работодатель) взаимодействует с сервисом «Вакансия+Жилье» и динамическим калькулятором пакета миграции. Дополнительно внедряется индекс социальной инфраструктуры, визуализирующий доступность образовательных и медицинских учреждений вблизи выбранного места проживания.

Процесс принятия решения соискателем в интерфейсе модуля выражен в виде алгоритма (рисунок 2), который минимизирует неопределенность при планировании межрегионального переезда.

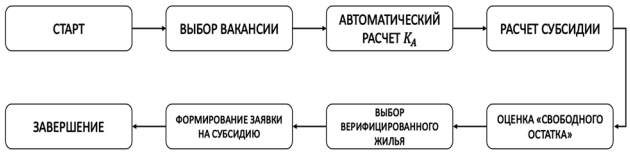


Рисунок 2. Алгоритм принятия решения соискателем в интерфейсе модуля

Сначала соискатель выбирает вакансию, которая соответствует его квалификации. Система автоматически подтягивает данные о стоимости аренды жилья, верифицированного через ГИС ЖКХ, в радиусе доступности от предприятия. Далее алгоритм параметрически рассчитывает значение K_A для конкретного субъекта Российской Федерации. Затем оценивается «свободный остаток», где система демонстрирует пользователю реальный располагаемый доход, который останется после покрытия обязательных инфраструктурных расходов на новом месте. В конце формируется оффер и заявка, при согласии соискателя модуль автоматически генерирует проект заявки на получение арендной субсидии для работодателя, рассчитанной по формуле $S_{\text{аренда}} = S_{\text{базовая}} \times K_A$.

Предложенная архитектура переводит процесс управления трудовой мобильностью на управление на основе данных. Модуль «Пространственная связность» устраняет информационную асимметрию и снижает порог входа для специалистов, планирующих работу в стратегически важных, но инфраструктурно сложных регионах России. Это обеспечивает их успешную экономическую адаптацию на новых территориях.

Для проверки работоспособности разработанной архитектуры проведена апробация алгоритма на основе актуальных данных локальных рынков по итогам 2025 года. Эмпирическую базу исследования составили показатели среднемесячной номинальной заработной платы и медианной стоимости долгосрочной аренды жилого помещения в четырех субъектах Российской Федерации, представляющие разные модели пространственного развития. Статистика для настройки аналитического ядра цифрового модуля представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметрические данные локальных рынков для настройки модуля (по итогам 2025 г.) [11,12]

Регионы	Среднемесячная номинальная заработная плата, руб.	Стоимость аренды жилья, руб./мес.
В среднем по РФ	100 359	40 000
г. Москва	180 861	69 378
Магаданская область	178 075	67 814
Удмуртская республика	77 924	27 231
Орловская область	63 817	21 216

В процессе обработки данных алгоритм модуля рассчитывает региональный коэффициент адаптивности (K_A). Методология формирования этого индекса была подробно обоснована ранее в рамках исследований социально-экономических диспропорций локальных рынков регионов Российской Федерации [6]. Формула интегрирует индекс относительной доходности труда, индекс инфраструктурной нагрузки и отраслевой множитель [6]:

$$K_A = \left(\frac{W_{\text{рег}}}{W_{\text{фед}}}\right) \times \left(\frac{R_{\text{рег}}/W_{\text{рег}}}{R_{\text{фед}}/W_{\text{фед}}}\right) \times C_{\text{o}}$$

На финальном этапе модуль автоматически рассчитывает арендную субсидию по формуле $S_{\text{аренда}} = S_{\text{базовая}} \times K_A$. В качестве базовой ставки применяется величина в размере 15 006 рублей, рассчитанная ранее на основе приказа Минстроя России о стоимости квадратного метра. Итоговые результаты параметрической настройки государственной поддержки представлены в таблице 2.

Апробация подтвердила, что инструмент чутко реагирует на специфику локальной экономики. Разрыв в итоговых размерах компенсации между субъектами превышает трехкратные значения (от 9 604 руб. в Орловской области до 33 013 руб. в Магаданской области), что отражает инфраструктурную асимметрию экономического пространства страны.

Таблица 2

Апробация алгоритма расчета арендных субсидий на основе коэффициента

Регион	Коэффициент адаптивности	Базовая ставка субсидии, руб	Итоговый размер компенсации, руб
г. Москва	1,73	15 006	25 960
Магаданская область	2,20	15 006	33 013
Удмуртская республика	1,02	15 006	15 306
Орловская область	0,64	15 006	9 604

Источник: рассчитано на основе таблицы 1

Традиционные методы стимулирования миграции не способны покрыть даже четверти реальных затрат специалиста в северных регионах. Внедряемый алгоритм решает эту проблему. Для высокодоходных субъектов с дорогой логистикой система автоматически генерирует максимальный пакет поддержки. Для регионов-доноров с относительно низкой стоимостью жизни модуль параметрически снижает размер субсидии, предотвращая неэффективное расходование бюджетных средств.

Так, работа алгоритма обеспечивает паритет реальной покупательской способности и свободного остатка средств у специалистов, независимо от направления их межрегионального перемещения.

Главной идеей, которая заложена в основу исследования, стал переход к параметрическому управлению системой субсидирования найма. В рамках традиционной модели объем финансовой поддержки определяется на основе усреднённых федеральных лимитов или кратности минимального размера оплаты труда, что в условиях территориальной дифференциации регионов делает такие меры формальными. Параметрический подход, реализованный в модуле, подразумевает автоматическую подстройку выплат под рыночные индикаторы, а именно нормативы Минстроя и региональный коэффициент адаптивности. Для государства это означает отказ от ручного управления и длительных бюрократических процедур пересмотра лимитов. Система сможет реагировать на изменение стоимости жизни в субъекте Российской Федерации, поддерживая актуальность стимулов без принятия дополнительных нормативных актов.

Главным эффектом для государства стала возможность маршрутизировать трудовые ресурсы. Встроенный в алгоритм отраслевой множитель позволяет перенаправлять кадры туда, где они нужнее всего [6]. Повышение множителя для стратегически важных секторов автоматически увеличивает размер субсидии. Государство сможет направить кадровые потоки в точки технологического прорыва через создание оптимальных условий экономической адаптации.

Также модуль обеспечивает устойчивость сектора малого и среднего предпринимательства (далее - МСП), который в текущих условиях сталкивается с конкуренцией с крупными корпорациями. Крупные предприятия обладают ресурсами для самостоятельного формирования релокационных пакетов и строительства корпоративного жилья, что практически лишает МСП возможности конкурировать за человеческий капитал.

С внедрением цифрового модуля субъекты МСП получают доступ к прозрачному механизму расчета и обоснования субсидий, что позволит им предлагать конкурентоспособные условия найма специалистам из других регионов. Автоматическая верификация жилья через API ГИС ЖКХ снижает транзакционные издержки малого бизнеса на поиск и проверку инфраструктуры для сотрудников. Также модуль становится технологической базой для региональных кадровых агрегаторов, через которые малый бизнес сможет коллективно использовать меры государственной поддержки.

Для соискателя экономический эффект заключается в минимизации рисков релокации. Визуализация реального располагаемого дохода (после вычета затрат на аренду жилья) и социальной инфраструктуры в интерфейсе модуля «Пространственная связность» переводит решение о релокации в категорию рационально обоснованных поступков.

Архитектура модуля «Пространственная связность» предлагает рабочий механизм для сглаживания региональных диспропорций. При текущем уровне безработицы в 2,2% и высокой пространственной асимметрии универсальные меры государственной поддержки перестают работать. Единообразие субсидирования не учитывает реальную стоимость жизни и инфраструктурные издержки в субъектах Российской Федерации и превращается в барьер на пути к оптимальному распределению человеческого капитала.

В статье методически обоснован переход к параметрическому управлению трудовой мобильностью. Разработанный алгоритм расчета арендных субсидий, основанный на федеральном нормативе стоимости жилья Минстроя России и региональном коэффициенте адаптивности K_A, обеспечивает прозрачность мер поддержки. Апробация модели подтвердила работоспособность инструмента. Система автоматически генерирует адресные выплаты, объем которых изменяется в более чем три раза в зависимости от локальной экономической ситуации.

Спроектированная архитектура модуля обеспечивает высокую степень верификации данных за счет интеграции с государственными информационными системами, что минимизирует риски мошенничества и транзакционные издержки как для соискателей, так и для работодателей. Внедрение предложенного модуля поможет государству эффективнее распределять трудовые ресурсы, бизнесу прозрачно конкурировать за специалистов, соискателям снизить финансовые риски при релокации.

Литература

1. Федеральный закон "О занятости населения в Российской Федерации" от 12.12.2023 N 565-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464093/;
2. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 298 (ред. от 19.12.2025) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Содействие занятости населения" // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162169/;
3. Приказ Минстроя России от 02.07.2025 N 394/пр "О нормативе стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по Российской Федерации на второе полугодие 2025 года и средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на III квартал 2025 года" (Зарегистрировано в Минюсте России 04.07.2025 N 82811) // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_509268/;
4. Приказ Минэкономразвития России от 25.09.2014 N 611 (ред. от 14.04.2022) "Об утверждении Федерального стандарта оценки "Оценка недвижимости (ФСО N 7)" // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160678/;
5. Пантин В. И. Основные факторы неравномерного развития российских регионов // Вестник Института социологии. — 2023. — Т. 14. — № 4. — С. 219–233. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57115007;
6. Кондратьев Р. А. Инструменты сглаживания социально-экономических диспропорций в условиях структурного дефицита кадров: переход к региональным коэффициентам адаптивности // Инновации и инвестиции. — 2026. — № 3. — С. 415–419. . [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=89247503;
7. Антипин И. А., Власова Н. Ю., Шишкина Е. А. Оценка межрегиональных диспропорций в контексте политики выравнивания пространственного развития РФ // ЭКО. — 2025. — № 2 (602). — С. 197–213. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80545575;
8. Муханов А. В. Воздействие цифровизации на структуру занятости и рынок труда в Российской Федерации // Цифровая социология. — 2024. — Т. 7. — № 4. — С. 53–62. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80274793;
9. Колесник Е. А., Половинко В. С. Трудовая мобильность в системе стратегий занятости населения региона // Вестник университета. — 2023. — № 7. — С. 99–108. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54373096;
10. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Уровень безработицы (по методологии МОТ) [Электронный ресурс]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/43062;
11. Единая межведомственная информационно-статистическая си стема (ЕМИСС). Показатель 57824 «Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций…» (заработная плат а по субъект ам РФ) [Эле ктро нный ресур с]. - URL: https://www.fedstat.ru/indicator/57824;
12. Restate.ru. Средняя стоимость аренды жилья по регионам: график цен аренды квартир (декабрь 2025 г.) [Электронный ресурс]. - URL: https://izhevsk.restate.ru/graph/ceny-arendy-kvartir/;

The Organizational and Economic Architecture of the "Spatial Connectivity" Digital Module as a Tool for Parametric Management of Labor Mobility

Kondratiev R.A.

Russian New University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article describes a solution to the problem of socioeconomic disparities among the constituent entities of the Russian Federation in a context of low unemployment (2.2%) and a labor shortage. It is demonstrated that standard government support measures are losing their effectiveness because they do not account for regional differences in the cost

of living and infrastructure costs. To address this issue, the architecture of the “Spatial Connectivity” digital module has been developed for the “Work of Russia” platform ecosystem. An algorithm for parametric control of government support measures has been developed, based on a dynamic calculation of rental subsidies using official standards from the Russian Ministry of Construction, an income-based approach to real estate valuation (Federal Valuation Standard No. 7), and a regional adaptability coefficient (K_A). Testing of the model confirmed the mathematical correctness and flexibility of the proposed toolkit. The implementation of the module will transform the state employment portal into an active mechanism for parametric migration management. This will redistribute personnel to strategic sectors of the economy and eliminate barriers to the relocation of specialists.

Keywords: spatial connectivity, labor mobility, labor shortage, regional disparities, territorial redistribution, adaptability coefficient, balanced development.

References

1. Federal Law “On Employment in the Russian Federation” dated December 12, 2023, No. 565-FZ (latest version) // ConsultantPlus. [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464093/;
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 298 dated April 15, 2014 (as amended on December 19, 2025) “On the Approval of the State Program of the Russian Federation ‘Promotion of Employment’” // ConsultantPlus. [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162169/;
3. Order of the Ministry of Construction of Russia dated July 2, 2025 No. 394/pr “On the Standard Cost per Square Meter of Total Living Space in the Russian Federation for the Second Half of 2025 and the Average Market Value per Square Meter of Total Living Space by Constituent Entities of the Russian Federation for the Third Quarter of 2025” (Registered with the Ministry of Justice of Russia on July 4, 2025, No. 82811) // ConsultantPlus. [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_509268/;
4. Order of the Ministry of Economic Development of Russia dated September 25, 2014 No. 611 (as amended on April 14, 2022) “On the Approval of the Federal Valuation Standard ‘Real Estate Valuation (FVS No. 7)’” // ConsultantPlus. [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160678/;
5. Pantyn V. I. Main Factors of Uneven Development of Russian Regions // Bulletin of the Institute of Sociology. — 2023. — Vol. 14. — No. 4. — Pp. 219–233. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57115007;
6. Kondratiev, R. A. Tools for Mitigating Socioeconomic Disparities in the Context of a Structural Labor Shortage: The Transition to Regional Adaptability Coefficients // Innovations and Investments. — 2026. — No. 3. — Pp. 415–419. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=89247503;
7. Antipin I. A., Vlasova N. Yu., Shishkina E. A. Assessment of interregional disparities in the context of the policy of equalizing spatial development in the Russian Federation // ECO. — 2025. — No. 2 (602). — Pp. 197–213. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80545575;
8. Mukhanov, A. V. The Impact of Digitalization on the Employment Structure and Labor Market in the Russian Federation // Digital Sociology. — 2024. — Vol. 7. — No. 4. — Pp. 53–62. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80274793;
9. Kolesnik E. A., Polovinko V. S. Labor Mobility in the System of Regional Employment Strategies // University Bulletin. — 2023. — No. 7. — Pp. 99–108. [Electronic resource]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54373096;
10. Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). Unemployment rate (according to ILO methodology) [Electronic resource]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/43062;
11. Unified Interagency Information and Statistical System (EMISS). Indicator 57824 “Average Monthly Nominal Accrued Wages of Employees of Organizations…” (wages by constituent entity of the Russian Federation) [Electronic resource]. - URL: https://www.fedstat.ru/indicator/57824;
12. Restate.ru. Average cost of housing rent by region: graph of apartment rental prices (December 2025) [Electronic resource]. - URL: https://izhevsk.restate.ru/graph/ceny-arendy-kvartir/;

Классификация технических решений как основа двухконтурного подхода инженерного прогнозирования эффективности их внедрения в судостроительной промышленности России

Кох Лариса Вячеславовна
доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, lkokh@mail.ru,

Тепляшина Александра Михайловна
аспирант, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; заместитель директора Центра управления программами инновационного развития и координации НИОКР АО «ЦТСС», a.teplyshina@icloud.com

В статье авторами обосновывается необходимость перехода от универсальных методов прогнозирования к дифференцированному подходу при оценке эффективности технических решений в судостроительной промышленности России. Выявлена фундаментальная разнородность технических решений по уровню неопределённости и характеру инвестиционной нагрузки. Для её учёта разработана количественная классификация технических решений на ключевые технические решения и функциональные технические решения на основе пяти критериев: стратегическая значимость, уровень готовности технологий, сложность внедрения, источник происхождения и ожидаемый тип эффекта. Представлена трёхбалльная шкала для экспертной оценки каждого критерия. Методом Фишберна определены весовые коэффициенты критериев. Введён индекс классификации с пороговым значением 12 баллов, позволяющий объективно относить техническое решение к соответствующей категории. На основе классификации предложена двухконтурная архитектура интегрированной инженерно-экономической модели прогнозирования, включающая стратегический контур прогнозирования для ключевых технических решений и операционный контур для функциональных технических решений. В статье авторы приводят два условных примера, иллюстрирующих работу классификатора. Статья продолжает серию публикаций авторов, посвящённых развитию теоретических и методологических положений инженерного прогнозирования в судостроительной промышленности России.

Ключевые слова: инженерное прогнозирование, классификация технических решений, ключевые технические решения, функциональные технические решения, индекс классификации, двухконтурная архитектура интегрированной инженерно-экономической модели прогнозирования, стратегический контур прогнозирования, операционный контур прогнозирования, судостроение, управление инновациями.

Введение

Судостроительная промышленность России является одной из ключевых высокотехнологичных отраслей, определяющих оборонный, экономический, транспортный суверенитет страны. В условиях санкционного давления, разрыва кооперационных цепочек и ускоренного импортозамещения предприятия судостроительной отрасли России принимают инвестиционные решения в условиях высокой неопределенности [1,2]. В настоящем исследовании под инженерным прогнозированием эффективности внедрения технических решений (ТР) понимается комплексный процесс, объединяющий прогноз технико-эксплуатационных параметров нового решения (уровень готовности технологии, надёжность, производительность) с его экономической оценкой (денежные потоки, окупаемость). Традиционные методы экономического блока такого прогнозирования, основанные на дисконтировании денежных потоков (чистая приведённая стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), дисконтируемый срок окупаемости (DPP)), были разработаны для относительно стабильных условий и не в полной мере учитывают специфические отраслевые риски (регуляторные, технологические, рыночные, кадровые, производственные). Более того, они не позволяют количественно оценить стратегические эффекты (технологический суверенитет, импортозамещение, безопасность), которые часто являются определяющими для проектов, в соответствии с целями государственных программ по развитию промышленности и повышению её конкурентоспособности в судостроении.

Анализ отраслевой практики показывает, что ТР, используемые в судостроении, принципиально отличаются по двум ключевым параметрам: уровню неопределённости, сопровождающему их внедрение, и характеру распределения инвестиционных затрат по этапам реализации жизненного цикла (ЖЦ). Одни ТР (в дальнейшем – ключевые технические решения (КТР) характеризуются высокой исходной неопределённостью, связанной с новизной технологий, отсутствием рыночных аналогов, необходимостью проведения длительных НИОКР и сложностью прогнозирования конечных характеристик. Инвестиции в такие ТР, как правило, значительны и распределяются неравномерно, достигая пиков на стадиях технологической подготовки производства и внедрения. Другие ТР (функциональные технические решения (ФТР), напротив, имеют низкий уровень неопределённости, локализованный и короткий инвестиционный цикл, а также предсказуемый операционный результат (замена устаревшего программного обеспечения, оптимизация отдельных процессов) [3,4].

Применение единого универсального метода инженерного прогнозирования к столь разнородным ТР приводит к типичным ошибкам. Для КТР традиционный финансовый анализ часто даёт отрицательные значения NPV, не отражая их стратегической ценности, что может привести к необоснованному отказу от проектов, критически важных для развития технологического суверенитета. Для ФТР использование сложных, ресурсозатратных методов анализа рисков (например, полномасштабный FMEA-анализ) является избыточным и экономически неоправданным. Таким образом, возникает объективная необходимость в дифференцированном подходе, который бы предварительно классифицировал ТР и направлял их в соответствующий контур инженерного прогнозирования: стратегический контур для КТР и операционный – для ФТР [5,6].

В настоящей статье авторы развивают подходы, заложенные в более ранних работах авторов [3,4,7], и выдвигают разработку количественной классификации ТР, позволяющей формализовано, на основе экспертных оценок и математического аппарата, относить ТР к одной из двух категорий: КТР или ФТР. Предлагаемая классификация является первым, ключевым этапом двухконтурного подхода инженерного прогнозирования эффективности внедрения ТР в судостроительной промышленности России.

Методология исследования

В основе статьи лежит комплекс методов научного анализа, применяемых последовательно для решения поставленных задач. Теоретическую базу составили труды отечественных и зарубежных учёных в области инженерного прогнозирования, экономики инноваций, оценки эффективности и управления рисками, а также нормативно-правовые акты

РФ, регулирующие технологическое развитие судостроительной отрасли РФ. Методологическую основу статьи составили системный анализ, методы экспертных оценок (метод Дельфи, ранжирование), экономико-математическое моделирование, а также анализ жизненного цикла продукции. Эмпирическая база – отраслевые аналитические обзоры, данные Минпромторга России и результаты авторских экспертных опросов специалистов судостроительных предприятий. Расчёт весовых коэффициентов выполнен методом Фишберна, апробация – на основе условных примеров ТР.

Научная новизна статьи

Научная новизна статьи заключается в разработке количественной классификации ТР для судостроения на основе пяти критериев с весовыми коэффициентами, определёнными методом Фишберна, и введением индекса классификации с пороговым значением 12 баллов, что позволяет объективно дифференцировать подходы инженерного прогнозирования.

Теоретическое обоснование необходимости классификации технических решений

В работе [4] на основе анализа ЖЦ судостроительной продукции были выявлены две принципиально различные траектории изменения уровня неопределенности и распределения инвестиций.

Для наглядности эти отличия представлены на рисунке 1.Как показано на рисунке 1, для КТР характерен высокий стартовый уровень неопределённости (80-90% на стадии НИОКР) и его плавное снижение к стадии эксплуатации. Инвестиции имеют ярко выраженные пики на стадиях технологической подготовки производства (ТПП) и внедрения. Для ФТР уровень неопределённости исходно низок (40-50%) и резко падает после стадии ТПП до 5-10%. Инвестиции концентрируются преимущественно на стадии внедрения (до 60% от общего объёма). Это системное отличие делает невозможным использование единой прогнозной процедуры.

В современной научной литературе и отраслевых методиках отсутствует единый подход к классификации ТР для целей инженерного прогнозирования. Существующие классификации ориентированы либо на объекты патентного права (ГОСТ 55386, Большой энциклопедический политехнический словарь), либо на технологическую готовность. Однако они не интегрируют в себе одновременно несколько определяющих их критериев, не учитывают специфику инвестиционного цикла судостроения и не привязаны к задачам инженерного прогнозирования эффективности внедрения ТР. Предлагаемая в статье классификация призвана заполнить этот пробел.

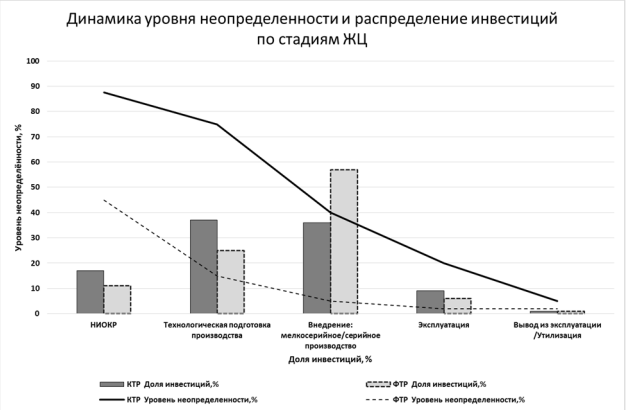


Рисунок 1 – Динамика уровня неопределенности и распределения инвестиций по стадиям ЖЦ
Источник: составлено авторами.

Критерии классификации технических решений

Для целей дифференциации подходов к инженерному прогнозированию было выделено пять критериев, которые в совокупности позволяют идентифицировать ТР как КТР или ФТР. Выбор критериев осуществлён на основе анализа отраслевых трендов, специфики судостроения и результатов экспертных опросов:

1. Стратегическая значимость – характеризуется вклад ТР в достижение долгосрочных целей развития на различных уровнях.
2. Уровень готовности технологий (УГТ) – отражает степень развития разрабатываемой технологии с целью ее внедрения в производство конечного продукта в соответствии с девятиуровневой шкалой ГОСТ Р 71726-2024 [7].
3. Степень сложности внедрения – оценивает масштаб необходимых изменений в производственной системе, инфраструктуре и кадровом обеспечении.
4. Источник происхождения – определяет степень оригинальности разработки.
5. Ожидаемый тип эффекта – отражает характер преобладающего результата от внедрения ТР.

Для обеспечения объективности и воспроизводимости процедуры классификации разработана единая трёхбалльная шкала оценки по каждому из выделенных критериев. Выбор трехбалльной шкалы обусловлен необходимостью достижения баланса между детальностью оценки и удобством её практического применения, а также возможностью последующего перехода к количественным расчётам. Сводная шкала балльных оценок критериев классификации ТР представлена в таблице 1.

Таблица 1
Шкала балльных оценок критериев классификации технических решений

Критерий	Низкий балл (1)	Средний балл (2)	Высокий балл (3)
Стратегическая значимость ***Насколько ТР важно для развития?*** Оценка вклада ТР в достижение стратегических целей – будь то государственные задачи (обеспечение технологического суверенитета, импортозамещения, обороноспособности) или стратегические приоритеты самого предприятия (выход на новые рынки, развитие ключевых компетенций)	Корпоративный уровень (значимость для одного подразделения или предприятия)	Отраслевой уровень (значимость для судостроительной и смежных отраслей РФ)	Государственный уровень (обеспечение обороноспособности, национальной безопасности, технологического суверенитета для всех отраслей промышленности)
Уровень готовности технологии (УГТ) ***Насколько ТР готово к применению?*** Оценка степени зрелости ТР: от идеи и лабораторных экспериментов до серийного производства и массового производства	Низкий (1-3 УГТ) (фундаментальные исследования, лабораторные образцы, концепция)	Средний (4-6 УГТ) (технология апробирована, опытные образцы, приоритетное внедрение)	Высокий (7-9 УГТ) (серийное производство, тиражирование, устойчивая эксплуатация)
Степень сложности внедрения ***Насколько сложно будет внедрить ТР?*** Оценка масштаба необходимых изменений: потребуются ли новые специалисты, переобучение, закупка оборудования, перестройка процессов	Низкая: прямая замена компонента или ПО, не требующая изменений в смежных системах, инфраструктуре или обучении персонала)	Средняя (модернизация подсистемы, адаптация интерфейсов, проведение приёмочных испытаний, краткосрочное обучение)	Высокая (внедрение принципиально новой технологии, требующее глубокого перепроектирования, масштабных инвестиций в инфраструктуру, подготовку специалистов по новым направлениям)
Источник происхождения ***Откуда появилось ТР?*** Оценка степени оригинальности: это полностью своя разработка, адаптация существующего зарубежного аналога, локализация импортного продукта или готовая закупка	Импорт/локализация сборки: использование готовых зарубежных ТР или сборка из импортных компонентов на территории РФ	Реинжиниринг/адаптация: воссоздание функциональных аналогов недоступных иностранных ТР или адаптация существующих разработок под российские условия	Отечественная разработка (НИОКР): полный цикл «от идеи до внедрения», выполненный российскими научными и/или промышленными предприятиями
Ожидаемый тип эффекта ***Какой результат мы получим?*** Оценка характера преобладающего результата от внедрения	Экономический эффект: снижение затрат или рост доходов	Производственный эффект: оптимизация процессов, рост производительности труда, сокращение сроков, снижение брака	Стратегический эффект: развитие уникальных компетенций, импортозамещение критического СКО, технологий, создание новых возможностей для развития, повышение эффективности бизнеса, в том числе в рамках развития технологической независимости

Источник: составлено авторами.

Расчёт весовых критериев (метод Фишберна)

Для учёта различной значимости критериев при вычислении итогового индекса классификации необходимо определить весовые коэффициенты w_i. В рамках исследования использован метод Фишберна, который позволяет получить объективные веса на основе коллективных экспертных ранжирований без необходимости проведения попарных сравнений. Группе экспертов было предложено проранжировать пять критериев по степени их значимости для отнесения ТР к одной из двух категорий (ранг 1 – самый важный, ранг 5 – наименее важный). Результаты ранжирования и расчёт средних рангов приведён в таблице 2.

Таблица 2
Индивидуальные и средние ранги критериев классификации ТР

Критерий	Экс. 1	Экс. 2	Экс. 3	Экс. 4	Экс. 5	Экс. 6	Экс. 7	Экс. 8	Экс. 9	Сумма рангов	Средний ранг ($\bar{r}_i$)
Стратегическая значимость	2	1	1	1	1	1	3	1	5	16	1,78
УГТ	1	5	5	2	2	4	2	2	4	27	3,00
Степень сложности внедрения	3	3	3	3	5	5	1	3	3	29	3,22
Источник происхождения	5	4	4	5	3	3	5	5	2	36	4,00
Ожидаемый тип эффекта	4	2	2	4	4	2	4	4	1	27	3,00

Источник: составлено авторами по результатам экспертных опросов.

Далее весовые коэффициенты рассчитываются по формуле Фишберна (1):

$$w_i = \frac{2\times(n-\bar{r}_i+1)}{n\times(n+1)}, \quad (1)$$

где n=5 – количество критериев, $\bar{r}_i$ - средний арифметический ранг i–го критерия.

Результаты расчётов весов представлены в таблице 3.

Таблица 3
Расчёт весов критериев классификации ТР по формуле Фишберна

Критерий	Средний ранг ($\bar{r}_i$)	вес i-го критерия (w_i) $(2\times(n-\bar{r}_i+1)/[n\times(n+1)])$
Стратегическая значимость	1,78	2×(5−1,78+1)/[5×(5+1)]=0,281
УГТ	3,00	2×(5−3,00+1)/[5×(5+1)]=0,200
Степень сложности внедрения	3,22	2×(5−3,22+1)/[5×(5+1)]=0,185
Источник происхождения	4,00	2×(5−4,00+1)/[5×(5+1)]=0,133
Ожидаемый тип эффекта	3,00	2×(5−3,00+1)/[5×(5+1)]=0,200
Сумма		1,0

Источник: составлено авторами.

Индекс классификации и его пороговое значение

Индекс классификации (ИК) рассчитывается как взвешенная сумма балльных оценок по всем пяти критериям, приведённая к 15-балльной шкале для удобства сравнения с пороговым значением по формуле (2):

$$\text{ИК} = \left(\sum_{i=1}^{n} B_i \times w_i\right) \times \frac{15}{3}, \quad (2)$$

где $i = 1...n$ – порядковый номер критерия классификации ТР; n – общее количество критериев классификации ТР; B_i – балльная оценка, присвоенная ТР по *i-му* критерию (целое число от 1 до 3 при индивидуальной оценке; в условных примерах – средние экспертные баллы); w_i – весовой коэффициент *i-го* критерия (из таблицы 3). Веса нормированы: $(\sum_i^n w_i = 1)$; множитель 15/3=5 служит для приведения суммы взвешенных оценок к 15-балльной шкале, что соответствует максимально возможной сумме баллов (5 критериев × 3 балла) для наглядного и сопоставимого результата классификации с пороговым значением (12 баллов).

Пороговое значение ИК (ИК порог) установлено на уровне 12 баллов (80% от максимально возможной суммы – 15 баллов). Выбор данного уровня обусловлен следующими факторами, учитывающими специфику судостроительной отрасли РФ:

- длительные инвестиционные циклы и высокая капиталоёмкость разработок требуют более гибкого подхода к идентификации стратегически значимых ТР;
- значимость нефинансовых эффектов (импортозамещение, технологический суверенитет, безопасность), которые могут не в полной мере отражаться в балльной оценке на ранних стадиях;
- необходимость выделения ТР, находящихся в переходной зоне между категориями, для их приоритетной поддержки;
- экспертное обсуждение со специалистами предприятий судостроительной отрасли РФ, в ходе которого значение 12 баллов было признано оптимальным значением для условий судостроения в рамках данного исследования.

Правило классификации ТР: если ИК ≥ ИК порог (в рамках настоящего исследования значение ИК порог установлено на уровне 12,0 баллов с учётом отраслевой специфики судостроения и экспертным подтверждением в процессе апробации ИИЭ-модели прогнозирования), то ТР идентифицируется как КТР и направляется в стратегический контур прогнозирования. В ином случае – как ФТР и оценивается в рамках операционного контура прогнозирования.

Предложенное пороговое значение ИК не является абсолютным и при внедрении данного подхода на конкретном предприятии может адаптироваться под его стратегические приоритеты и риск-аппетит.

Условный пример расчёта индекса классификации

Для иллюстрации работы классификатора авторами были рассмотрены два условных ТР.

Таблица 4
Пример 1. Условное функциональное техническое решение (ФТР)

Критерий	Средние экспертные баллы (Bi)	Итоговый вес (w_i)	Взвешенная оценка (Bi*w_i)
Стратегическая значимость	1,83	0,281	0,515
УГТ	2,00	0,200	0,400
Степень сложности внедрения	1,50	0,185	0,280
Источник происхождения	2,83	0,133	0,380
Ожидаемый тип эффекта	1,83	0,200	0,370
Взвешенная сумма оценок (S)	1,935		
ИК в 15-балльной шкале (ИК=(S/3)*15)	9,67		
ИК пороговое для КТР	12		
Категория ТР	**9,67 < 12 => ФТР**		

Таблица 5
Пример 2. Условное ключевое техническое решение (КТР)

Критерий	Средние экспертные баллы (Bi)	Итоговый вес (w_i)	Взвешенная оценка (Bi*w_i)
Стратегическая значимость	2,71	0,281	0,76
УГТ	2,86	0,200	0,57
Степень сложности внедрения	1,57	0,185	0,29
Источник происхождения	3,00	0,133	0,40
Ожидаемый тип эффекта	2,43	0,200	0,49
Взвешенная сумма оценок (S)	2,512		
ИК в 15-балльной шкале (ИК=(S/3)*15)	12,56		
ИК пороговое для КТР	12		
Категория ТР	**12,56 ≥ 12 => КТР**		

Условные примеры ТР показывают, что увеличение стратегической значимости, сложности внедрения и доли отечественной разработки закономерно повышает ИК и переводит ТР из категории ФТР в категорию КТР.

Двухконтурная архитектура интегрированной инженерно-экономической модели прогнозирования

На основе предложенной классификации разработана интегрированная инженерно-экономическая модель (ИИЭ-модель) прогнозирования эффективности внедрения ТР с двухконтурной архитектурой (рисунок 2). Выбор контура прогнозирования определяется результатом классификации (ИК ≥ 12 => КТР, ИК <12 => ФТР). Двухконтурная архитектура ИИЭ-модели прогнозирования схематично представлена на рисунке 2. Она включает два автономных, но взаимосвязанных контура:

стратегический контур прогнозирования для КТР и операционный контур прогнозирования для ФТР, каждый из которых реализует специализированный набор методов и инструментов, соответствующий природе и уровню неопределённости конкретного ТР.

Стратегический контур прогнозирования (для КТР) предназначен для оценки ТР с высоким уровнем неопределённости и стратегическими эффектами. Его работа включает: FMEA-анализ отраслевых рисков (регуляторных, технологических, рыночных, кадровых, производственных); расчёт индивидуальных и агрегированных корректирующих коэффициентов (К-факторов); корректировку прогнозных денежных потоков, сценарный анализ (рискованный, нейтральный (умеренный), безрисковый сценарии); расчёт интегрального показателя стратегической эффективности (ИПСЭ) с весами (α – вес финансового результата, β – вес стратегической значимости, γ – вес уровня риска (условие нормирования ($\alpha+\beta+\gamma=1$)). Структура ИПСЭ отражает приоритет нефинансовых критериев, соответствующих природе КТР.

Операционный контур прогнозирования (для ФТР) ориентирован на оценку ТР с предсказуемым результатом. Его логика линейна и основывается на экономическом моделировании, с учётом действующих внутренних технологических нормативов и стандартов предприятия, и использованием стандартных методов инвестиционного анализа (NPV, IRR, DPP) с углублённым анализом чувствительности к ключевым операционным параметрам. Итоговой метрикой контура выступает расчёт интегрального показателя операционной эффективности (ИПОЭ), в структуре которого доминирующее значение занимают финансово-экономические и производственные критерии, что соответствует тактической природе ФТР.

Таким образом ИИЭ-модель прогнозирования обеспечивает реализацию двухконтурного подхода инженерного прогнозирования эффективности внедрения ТР: для КТР – глубокий анализ рисков и стратегических эффектов, для ФТР – проверка на соответствие установленным внутренним технологическим нормативам и стандартам предприятия.

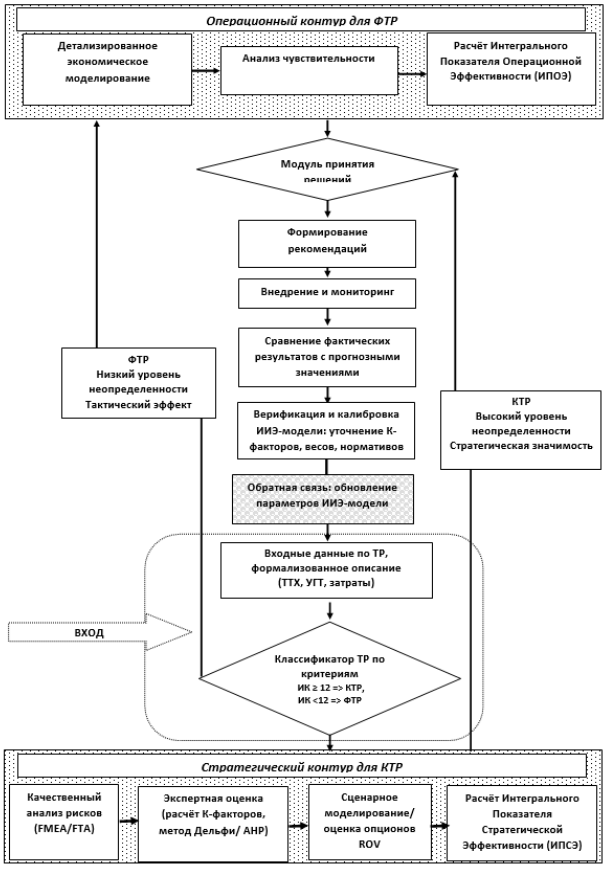


Рисунок 2 – Концептуальная двухконтурная архитектура ИИЭ-модели прогнозирования эффективности внедрения ТР
Источник: составлено авторами

Обсуждение и выводы

Разработанная классификация обладает следующими преимуществами:

1. Комплексность. Учитывает пять разнородных критериев (стратегический, технологические, производственные, инновационные, экономические), что позволяет охватить все ключевые аспекты, влияющие на эффективность внедрения ТР в судостроении.

2. Объективность. Использование формализованной балльно-весовой процедуры (метод Фишберна) снижает субъективность по сравнению с качественными классификациями.

3. Чёткость. Пороговое значение ИК=12 баллов даёт однозначное правило отнесения ТР к КТР или к ФТР, исключая двусмысленность.

4. Адаптивность. Пороговое значение может быть скорректировано под стратегические приоритеты конкретного предприятия (например, снижение для поддержки инноваций или повышение для ужесточения финансовой дисциплины).

5. Интеграция с ИИЭ-моделью прогнозирования. Классификация является составляющей двухконтурного подхода инженерного прогнозирования – первым этапом, в котором ТР направляется в соответствующий контур инженерного прогнозирования (стратегический или операционный).

Несмотря на успешную апробацию, предложенная классификация имеет ряд ограничений, которые определяют перспективы развития: зависимость от качества экспертных оценок (при этом процедура Дельфи, метод Фишберна минимизируют субъективность); допущение о независимости критериев при расчёте интегрального индекса (в реальности между некоторыми критериями, например, степенью сложности внедрения и стратегической значимостью, может существовать корреляция); необходимость накопления статистических данных для калибровки весовых коэффициентов.

Тем не менее, представленная классификация уже сегодня служит эффективным инструментом для предварительного отбора и группировки ТР на предприятии судостроительной отрасли, а также для формирования портфеля перспективных НИОКР с учётом стратегических приоритетов.

Заключение

В статье представлена количественная классификация ТР для целей двухконтурного инженерного прогнозирования эффективности внедрения ТР в судостроительной промышленности России. На основе анализа отраслевой специфики выделены пять ключевых критериев: стратегическая значимость, уровень готовности технологий, степень сложности внедрения, источник происхождения, ожидаемый тип эффекта. Разработана трёхбалльная шкала для их оценки, методом Фишберна определены весовые коэффициенты. Введён индекс классификации (ИК) с определённым пороговым значением 12 баллов, позволяющий объективно относить ТР к одной из двух категорий: КТР, либо ФТР. Показано, что на основе классификации строится двухконтурная архитектура ИИЭ-модели прогнозирования, в рамках которой КТР направляются в стратегический контур инженерного прогнозирования (с учётом отраслевых рисков и стратегических эффектов), а ФТР – в операционный контур инженерного прогнозирования (детерминированная оценка окупаемости). Приведённые условные примеры подтверждают работоспособность и практическую значимость разработанного классификатора. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование процедур экспертной оценки и статистическую калибровку параметров ИИЭ-модели прогнозирования.

Литература

1. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2036 года и на дальнейшую перспективу до 2050 года, утв. распоряжением Правительства РФ от 28.10.2019 N 2553-р (в редакции, введенной в действие распоряжением Правительства РФ от 12.05.2025 №1181-р). [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: http://government.ru/docs/54990/ (дата обращения: 20.05.2026).

2. Постановление Правительства РФ от 05.12.2025 N 1990 «О целевых показателях в области технологической политики в Российской Федерации».

3. Ходжаева А.М., Кох Л.В. Анализ перспектив инновационного развития в судостроительной отрасли Российской Федерации и определение точек опоры // Современные проблемы инновационной экономики — 2023. №10. С. 467-477.

4. Ходжаева А.М., Кох Л.В. Отбор жизнеспособных технических решений как этап научно-технического цикла в судостроительной отрасли России // Счисляевские чтения: актуальные проблемы экономики и управления — 2025. №14 (12). С. 460-467.

5. Кох Л.В., Палкина Е.С., Трифонов В.А., Ходжаева А.М. Технические решения как инструмент инновационного развития судостроительных предприятий // «Инновации и инвестиции». – 2022. №10, с. 240-250.

6. Тепляшина А.М., Кох Л.В. От анализа отраслевых вызовов к методологии инженерного прогнозирования: развитие инструментария управления техническими решениями в судостроительной промышленности России // «Счисляевские чтения: актуальные проблемы экономики и управления» — 2026. №15 (15). С. 425-432.

7. ГОСТ Р 71726-2024. Национальный стандарт Российской Федерации. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня готовности технологий (TRL) – М.: Росстандарт, 2024 N 256-ст.

8. Татаринов, Юрий Борисович. Проблемы оценки эффективности фундаментальных исследований: логико-методологические аспекты [Текст] Монография / Татаринов Юрий Борисович; Отв. ред. Жамин В. А.; АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники. - М.: Наука, 1986. - 227, (3) с.: ил. - Библиогр. с. 215-228.

9. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. - М.: «Радио и связь», 1993. - 278 с.

The classification of technical solutions as the basis for a dual-loop approach to engineering forecasting the effectiveness of their implementation in the Russian shipbuilding industry

Kokh L.Vy., Teplyashina A.M.
State Marine Technical University, JSC «SSTC»

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article substantiates the necessity of shifting from universal forecasting methods to a differentiated approach for evaluating the effectiveness of engineering solutions within Russia's shipbuilding industry. The authors identify a fundamental heterogeneity among these solutions concerning their levels of uncertainty and investment requirements. To address this, a quantitative classification system was developed, distinguishing between «key engineering solutions» and «functional engineering solutions» based on five criteria: strategic significance, technology readiness level, implementation complexity, origin, and the anticipated type of effect. A three-point scale is introduced for the expert evaluation of each criterion, and their respective weighting coefficients are determined using the Fishburn method. A classification index, with a threshold of 12 points, is proposed to objectively categorize each engineering solution. Building on this classification, the article puts forward a dual-loop architecture for an integrated techno-economic forecasting model, comprising a strategic forecasting loop for key solutions and an operational loop for functional ones. Two hypothetical examples are provided to illustrate the classifier's application. This work continues the authors' series of publications on advancing the theoretical and methodological foundations of engineering forecasting in the Russian shipbuilding sector.

Keywords: engineering forecasting, classification of engineering solutions key engineering solutions, functional engineering solutions, classification index, dual-loop architecture of the integrated engineering-economic forecasting model, strategic forecasting loop, operational forecasting loop, shipbuilding, innovation management.

References

1. Strategy for the Development of the Shipbuilding Industry for the Period up to 2036 and for the Further Perspective up to 2050, approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 2553-r of October 28, 2019 (as amended by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1181-r of May 12, 2025). – Available at: http://government.ru/docs/54990/ (accessed 20.05.2026).
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1990 of December 5, 2025. On Target Indicators in the Field of Technological Policy in the Russian Federation.
3. Khodzhaeva A.M., Kokh L.V. Analysis of innovative development prospects in the shipbuilding industry of the Russian Federation and identification of supporting points // Modern Problems of Innovative Economy. – 2023. – No. 10. – P. 467–477.
4. Khodzhaeva A.M., Kokh L.V. Selection of viable technical solutions as a stage of the scientific and technical cycle in the shipbuilding industry of Russia // Schisljaevskie Readings: Current Problems of Economics and Management. – 2025. – No. 14 (12). – P. 460–467.
5. Kokh L.V., Palkina E.S., Trifonov V.A., Khodzhaeva A.M. Technical solutions as a tool for innovative development of shipbuilding enterprises // Innovations and Investments. – 2022. – No. 10. – P. 240–250.
6. Teplyashina A.M., Kokh L.V. From the analysis of industry challenges to the methodology of engineering forecasting: development of a toolkit for managing technical solutions in the shipbuilding industry of Russia // Schisljaevskie Readings: Current Problems of Economics and Management. – 2026. – No. 15 (15). – P. 425–432.
7. GOST R 71726-2024. National Standard of the Russian Federation. Technology Transfer. Methodological Guidelines for Technology Readiness Level (TRL) Assessment. – Moscow: Standartinform, 2024.
8. Tatarinov Yu.B. Problems of Evaluating the Effectiveness of Fundamental Research: Logical and Methodological Aspects. – Moscow: Nauka, 1986. – 227 p.
9. Saaty T. Decision Making. The Analytic Hierarchy Process. – Moscow: Radio i svyaz, 1993. – 278 p.

Диагностика ограничений воспроизводства кадрового потенциала и прогноз структурного дефицита в судостроительных кластерах

Куровский Станислав Валерьевич
Руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», 8917564@gmail.com,

Мишин Денис Александрович
Руководитель редакционно-издательского отдела ООО «Высшая Школа Образования», 9651530@gmail.com,

Вахланов Руслан Юрьевич
аспирант лаборатории комплексного исследования социального и эколого-экономического развития регионов, Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, katashino1@mail.ru

Разрозненность нормативного планирования численности персонала и недостаточный учёт структурных рассогласований между технологическими циклами судостроения, инерционностью образовательных контуров и пространственно-демографическими ограничениями российских регионов сокращают точность прогнозирования кадровых рисков, что обусловливает необходимость комплексной диагностики ограничений воспроизводства человеческого капитала. **Цель исследования** состоит в выявлении детерминант формирования структурного дефицита персонала в региональных судостроительных кластерах и построении верифицированного прогноза кадровой нагрузки на период 2026-2035 гг. **Методология** включает операционализацию портфеля судостроительных заказов посредством перевода натурально-вещественных параметров в нормативные затраты труда с применением логистических сценариев распределения трудоёмкости и корректировкой на эффективный фонд рабочего времени. Диагностический аппарат базируется на непараметрической статистике (H-критерий Краскела-Уоллиса, U-критерий Манна-Уитни), контент-анализе отраслевых материалов и причинно-следственном моделировании. Прогнозная модель интегрирует демографические траектории, коэффициенты воспроизводственного лага и индикаторы территориальной мобильности. **Результаты** обозначают формирование выраженного пика кадровой нагрузки в 2027-2029 гг., превышающего базовые значения 2024 года на 30-50%, при этом территориальная асимметрия дефицита достигает статистически значимых различий, потому что арктические локации и полумонопрофильные образования обозначают 42-50%, приморские центры характеризуются уровнем 28-35%. Непараметрическое тестирование подтверждает определяющее влияние пространственной локализации и технологической специализации на интенсивность квалификационных разрывов. **Практическая значимость** заключается в обосновании превентивной диагностики диспропорций, чтобы синхронизировать образовательные инвестиции, механизмы удержания персонала и программы территориальной мобильности с фазовой динамикой производственных циклов.

Ключевые слова: судостроительные кластеры, воспроизводство кадрового потенциала, структурный дефицит, территориальная асимметрия, прогнозирование кадровой нагрузки, непараметрическая диагностика, региональная экономика, фазовая динамика спроса на труд.

Введение

Реализация Стратегии развития судостроительной промышленности Российской Федерации до 2036 года предполагает существенное наращивание производственных мощностей, технологическое обновление предприятий и расширение номенклатуры выпускаемой продукции. Достижение указанных целевых ориентиров не представляется возможным без обеспечения отрасли квалифицированными кадрами, способными выполнять операции повышенной сложности в условиях цифровизации производственных процессов и внедрения новых материалов. Тем не менее, отраслевые прогнозы потребности в персонале, формируемые на основе плановых показателей выпуска, часто не учитывают структурные ограничения воспроизводства человеческого капитала в регионах локализации кластеров. В рамках противоречия между агрегированными оценками численной потребности и реальной динамикой формирования профессиональных компетенций появляются предпосылки недоиспользования вводимых мощностей и снижения эффективности инвестиционных программ [1-3].

Отраслевые оценки кадровой потребности, публикуемые в документах стратегического планирования и аналитических материалах профильных ведомств, базируются на экстраполяции текущих коэффициентов трудоёмкости с учётом планового роста объёмов производства [4]. Устанавливается количественный дефицит, однако не отражаются качественные диспропорции на фоне длительности производственных циклов, проектной специфики выпуска и территориальной концентрации спроса на узкопрофильные компетенции. В результате расчётные показатели потребности в персонале показывают тенденцию к занижению реальных кадровых ограничений, поскольку не учитывают временные лаги подготовки специалистов, инерционность образовательных траекторий и пространственные барьеры мобильности трудовых ресурсов [5], [6]. Диагностика кадровых рисков связана с анализом структурной согласованности квалификационной матрицы кластера с технологическими параметрами производственных программ.

Постановка проблемы исследования обусловлена необходимостью изучения структурных ограничений воспроизводства человеческого капитала в судостроительных кластерах. Кадровые риски рассматриваются как устойчивые дисбалансы, возникающие по причине рассогласования технологических параметров производства, институциональной среды подготовки специалистов и демографо-пространственных характеристик регионов локализации [7].

Цель настоящего исследования заключается в диагностике ограничений воспроизводства кадрового потенциала и прогнозировании структурного дефицита в судостроительных кластерах на основе интеграции отраслевых, пространственных и институциональных факторов. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- систематизация отраслевых детерминант, трансформирующих технологическую специфику судостроения в кадровые риски;
- разработка методологической рамки операционализации квалификационных разрывов через измеримые индикаторы;
- эмпирическая диагностика концентрации кадрового потенциала в регионах локализации кластеров;
- сценарное моделирование динамики структурного дефицита при изменении параметров производственных программ и образовательных траекторий.

Методика перевода портфеля строительства судов в кадровую нагрузку

Конвертация физических параметров судового заказа в человеко-часы осуществляется, исходя из технологической документации и отраслевых нормативов, фиксирующих трудоёмкость отдельных операций [8]. Исходными данными выступают водоизмещение, классификационные требования, степень сложности интегрируемых систем и выбранный метод сборки. Каждый из указанных параметров вносит корректировку в базовый норматив, отражая различия в продолжительности резки металла, сварочных работ, монтажа оборудования и пусконаладочных испытаний. Результат расчёта - суммарный объём нормо-часов, распределённый по этапам жизненного цикла заказа и привязанный к региональным производственным площадкам кластера.

Распределение полученного объёма трудоёмкости во временном контуре производственного цикла реализуется в рамках двух альтернативных сценариев (таблица 1).

Таблица 1
Сценарии распределения трудоёмкости в производственном цикле судостроения

Параметр распределения трудоёмкости	Равномерный сценарий	Логистический сценарий
Характер динамики нагрузки	Линейная	Нелинейная
	Пропорциональная длительности цикла	С фазовым нарастанием и спадом интенсивности
Период максимальной концентрации затрат	Отсутствует	Приходится на этапы корпусной сборки и монтажа инженерных систем
	Нагрузка распределена пропорционально	
Влияние на прогноз кадровой потребности	Занижает пиковый спрос	Выявляет временные окна дефицита
	Создаёт риск локальных перегрузок	Требует опережающей подготовки специалистов
Соответствие реальной производственной логике	Низкое	Высокое
	Игнорирует технологические ограничения переделов	Отражает физику технологических процессов судостроения

Источник: разработано авторами.

Для перехода от нормо-часов к фактической численности персонала целесообразно учесть эффективный фонд рабочего времени, который формируется путём вычета из календарного фонда периодов оплачиваемого отдыха, временной нетрудоспособности, производственных простоев и времени, затрачиваемого на повышение квалификации и аттестацию. Коэффициент использования эффективного фонда в судостроении в некоторой степени ниже среднеотраслевых значений из-за повышенной сложности технологических операций и требований к непрерывному контролю качества. Применение данного корректирующего множителя поможет определить реальное число рабочих мест, необходимых для выполнения производственной программы без нарушения технологических регламентов.

Количественная оценка сдерживающих факторов

Количественная оценка сдерживающих факторов воспроизводства кадрового потенциала в судостроительных кластерах подразумевает применение методологического аппарата, устойчивого к нарушениям предпосылок параметрического анализа, а именно непараметрического анализа. Эмпирические данные о динамике вакансий, уровне оплаты труда, миграционных потоках и результатах аттестации специалистов, как правило, не подчиняются нормальному распределению, содержат выбросы и характеризуются малым объёмом наблюдений в разрезе отдельных профессиональных групп [9], [10].

Непараметрический анализ проводился в контексте ранжирования значений индикаторов, отражающих интенсивность кадровых ограничений, а именно коэффициента рассогласования сроков подготовки специалистов, индекса концентрации сертифицированных кадров, показателя демографической нагрузки трудоспособного населения и индекса логистической доступности производственных площадок. Группировка наблюдений осуществлялась по типу пространственной локализации кластера (приморский региональный центр, арктическая территория, полумонопрофильное образование) и по уровню технологической интеграции предприятий.

Таблица 2
Результаты непараметрического тестирования различий в индикаторах кадровых рисков по типам региональных кластеров

Индикатор кадрового риска	Группы сравнения	Значение H-критерия Краскела-Уоллиса	Значимость различий (p)	Интерпретация результата
Коэффициент рассогласования сроков подготовки	Приморские, Арктические, полумоногорода	12,47	0,002	Пространственная локализация значимо влияет на инерционность воспроизводства компетенций
Индекс концентрации сертифицированных кадров	Новое строительство, судоремонт	8,93	0,011	Технологическая специфика формирует различные профили квалификационной уязвимости
Показатель демографической нагрузки 20-39 лет	Все группы	15,21	< 0,001	Демографическое сжатие наиболее выражено в арктических и полумонопрофильных локациях
Индекс логистической доступности	Крупные центры, удалённые территории	10,68	0,005	Транспортная изоляция усиливает структурные диспропорции на локальных рынках труда

Источник: разработано авторами.

Расчёт H-критерия Краскела-Уоллиса подтвердил наличие статистически значимых различий ($p < 0,05$) в уровне кадровых рисков между указанными группами, что свидетельствует о влиянии пространственного фактора на траекторию формирования структурного дефицита. Последующее попарное сравнение с применением U-критерия Манна-Уитни локализовало наиболее контрастные сочетания. Так, арктические кластеры показывают существенно более высокие значения индекса концентрации сертифицированных кадров при одновременном снижении показателя внутренней мобильности персонала, что создаёт кумулятивный эффект уязвимости (таблица 2).

Сдерживающие факторы воспроизводства кадрового потенциала концентрируются в регионах с определёнными пространственно-демографическими характеристиками. Статистическая значимость различий подтверждает необходимость дифференциации управленческих воздействий, так как меры, эффективные для приморских кластеров с относительно развитой инфраструктурой, могут оказаться неприменимы в арктических локациях, где ограничения системны. Непараметрический аппарат в данном случае выступает средством пространственной стратификации рисков.

Дополнительным методом количественной оценки сдерживающих факторов выступил контент-анализ отраслевых материалов, включающий документы стратегического планирования, аналитические отчёты предприятий, материалы профильных форумов и публикации в специализированных изданиях за период 2019-2025 гг. Формирование корпуса текстов осуществлялось с применением критериев релевантности, исключающих дублирование и обеспечивающих репрезентативность выборки по географическому и тематическому признакам [11]. Процедура кодирования выявленных упоминаний кадровых ограничений выделила четыре кластера детерминант:

- образовательный контур;
- экономическая мотивация;
- демографические тренды;
- логистические барьеры.

Частотный анализ показал, что проблемы несоответствия образовательных программ технологическим требованиям упоминаются в 68% источников, кроме того, вопросы логистической доступности производственных площадок фигурируют лишь в 31% материалов, что указывает на недооценку пространственного фактора в отраслевой аналитике.

Для систематизации причинно-следственных связей между выявленными факторами и формированием структурного дефицита использована диаграмма Исикавы, адаптированная к специфике региональных судостроительных кластеров. Центральный эффект, устойчивый кадровый дисбаланс, связан с четырьмя основными ветвями, каждая из которых раскрывается через набор подфакторов II и III порядка (таблица 3).

Таблица 3
Структура причинно-следственных связей формирования кадрового дефицита в судостроительных кластерах

Основная ветвь	Подфакторы I порядка	Подфакторы II порядка	Канал воздействия на структурный дефицит
Образовательный контур	Инерционность учебных планов	Лаг актуализации программ относительно внедрения новых технологий	Накопление квалификационных разрывов на этапах технологического обновления
	Дефицит практико-ориентированных модулей	Ограниченная база производственной практики для студентов	Снижение готовности выпускников к автономному выполнению операций
Экономическая мотивация	Диспропорции оплаты труда	Конкуренция с нефтегазовым и транспортным секторами за смежные компетенции	Отток специалистов в отрасли с более гибкими условиями занятости
	Высокая стоимость жизни в регионах	Недостаточность жилищных и социальных программ поддержки	Снижение привлекательности кластера для внутренней миграции
Демографические тренды	Отрицательное миграционное сальдо	Климатическая и инфраструктурная непривлекательность территорий	Сужение базы внутреннего воспроизводства трудовых ресурсов
	Старение профессиональных коллективов	Отсутствие механизмов передачи неявного знания	Утрата экспертного потенциала и снижение преемственности компетенций
Логистические барьеры	Транспортная изолированность	Ограниченная частота транспортного сообщения, сезонные ограничения	Рост транзакционных издержек привлечения персонала из внешних источников
	Высокие издержки внутренней мобильности	Разрыв в стоимости жилья, социальной инфраструктуре между центрами и локациями кластеров	Закрепление структурных диспропорций на локальных рынках труда

Источник: разработано авторами.

Приоритетными направлениями регулирования признаются меры, одновременно влияющие на интеграцию образовательных и производственных программ, развитие социальной инфраструктуры в регионах

локализации кластеров, формирование механизмов компенсационной мобильности персонала.

Прогноз структурного дефицита на 2026-2035 гг.

Прогнозирование структурного дефицита кадрового потенциала на период 2026-3035 гг. опирается на интеграцию производственных программ, демографических траекторий и инерционности образовательных контуров. Базисом расчётов выступает верифицированный портфель заказов судостроительных предприятий, преобразованный в нормативные затраты труда с учётом логистической динамики технологических переделов [12]. Исходные данные корректируются на коэффициент воспроизводственного лага, отражающий временной разрыв между изменением производственного спроса и выпуском профильных специалистов учреждениями среднего и высшего профессионального образования. Дополнительно в модель включаются демографические ограничения, устанавливающие естественную убыль трудоспособного населения в регионах локализации кластеров, показатели внутренней мобильности, определяющие способность локальных рынков труда компенсировать возникающие дисбалансы за счёт межтерриториальных перетоков.

Анализ временной динамики расчётных показателей выявляет выраженную фазу максимальной кадровой нагрузки, приходящуюся на 2027-2029 гг. Данный интервал синхронизирован с одновременным входом в стадию интенсивной сборки и монтажа нескольких крупных серий судов, утверждённых в рамках государственных инвестиционных программ и экспортных контрактов. Суммарная потребность в персонале в указанный период превышает базовые значения 2024 года на 30-50%, причём прирост концентрируется в сегментах высококвалифицированных рабочих и инженерно-технических специалистов. Волнообразная конфигурация рыночного спроса обусловлена нелинейностью производственного цикла, где пиковые требования к компетенциям возникают на этапе интеграции корпусных конструкций с энергетическими и навигационными системами. Образовательная инфраструктура регионов не способна обеспечить опережающий выпуск специалистов в объёмах, достаточных для покрытия указанного прироста. Даже при условии полной реализации федеральных программ поддержки технического образования разрыв между предложением трудовых ресурсов и фактическими производственными потребностями сохранится на уровне 18-24% к концу 2035 года.

Пространственное распределение прогнозируемого дефицита характеризуется выраженной асимметрией, определяемой географией размещения производственных мощностей, демографическим потенциалом территорий и развитостью транспортной инфраструктуры [13-15]. Кластеры, локализованные в приморских региональных центрах с диверсифицированной экономической структурой, обозначают относительную устойчивость к кадровым шокам при перераспределении трудовых ресурсов между смежными отраслями морской направленности. В то же время арктические локации и полумонопрофильные городские образования сталкиваются с кумулятивным эффектом ограничений, при котором сужение демографической базы сочетается с высокой стоимостью привлечения внешних специалистов и сезонными барьерами транспортной доступности. Территориальная дифференциация усиливается разницей в уровне оплаты труда, доступности социальной инфраструктуры и степени интеграции местных образовательных учреждений в производственные цепочки кластеров (таблица 4).

Таблица 4

Пространственно-временная динамика прогнозируемого структурного дефицита кадрового потенциала судостроительных кластеров

Тип территориальной локализации	Прогнозируемый дефицит к 2024 г. (2025-2026 гг.)	Прогнозируемый дефицит в фазу пиковой нагрузки (2027-2029 гг.)	Прогнозируемый дефицит в период стабилизации (2030-2035 гг.)	Ключевой ограничитель воспроизводства
Приморские региональные центры	12-18 %	28–35 %	15-20 %	Инерционность профильных образовательных программ
Арктические территории	18-24 %	42-50 %	25-30 %	Демографическое сжатие и логистическая изолированность
Полумонопрофильные образования	15-20 %	35-45 %	18-24 %	Миграционный отток активного населения и возрастная деградация коллективов

Источник: разработано авторами.

Пик кадровой нагрузки в 2027-2029 гг. выступает закономерным результатом накопленных рассогласований между производственными программами, демографическими трендами и пропускной способностью образовательных систем. Территориальная асимметрия указывает на крайне низкую возможность применения унифицированных мер регулирования, поскольку механизмы компенсации дисбалансов в разных типах локализаций опираются на различные институциональные и ресурсные основания. Управление кадровыми процессами в рассматриваемый горизонт взаимосвязано с опережающим формированием квалификационного резерва, учитывающего логистические ограничения мобильности и специфику технологических переделов.

Выводы

Структурный дефицит кадрового потенциала в судостроительных кластерах обусловлен рассогласованием технологических параметров производства, институциональных механизмов воспроизводства компетенций и пространственно-демографических характеристик территорий локализации в общей системе. Прогнозная траектория связана с нарастанием дисбалансов, достигающим максимальных значений в период 2027-2029 гг., когда одновременный вход нескольких производственных программ в стадию интенсивной сборки формирует краткосрочное превышение базовой потребности в персонале. Для нейтрализации кадровых ограничений целесообразно скоординированное вмешательство, направленное на синхронизацию параметров предложения труда с физической логикой технологических процессов и территориальной организацией кооперационных сетей.

Расширение объёмов профессиональной подготовки выступает необходимым элементом регулирования, но его эффективность определяется степенью согласованности образовательных траекторий с этапной динамикой производственного цикла. Увеличение выпуска специалистов без учёта временных лагов формирования компетенций приводит к накоплению квалификационных разрывов, которые актуализируются в периоды пиковой технологической нагрузки. Результативность учебных программ коррелирует с наличием практико-ориентированных модулей, механизмов оперативной актуализации стандартов и интеграции предприятий кластера в процесс разработки учебных планов.

Удержание действующего персонала - второй компонент комплексного регулирования, направленный на сохранение экспертного потенциала и обеспечение непрерывности производственных знаний. Высокая специализация судостроительных операций обуславливает крайне высокую зависимость технологических цепочек от носителей неявного опыта, накопление которого занимает значительные временные интервалы и не поддаётся быстрой репликации. Экономические механизмы стабилизации кадрового состава должны выходить за рамки индексации заработной платы.

В свою очередь, развитие территориальной мобильности компенсирует региональную асимметрию кадровых рынков, возникающую по причине демографического сжатия и логистической изолированности отдельных локализаций производственных площадок. Гибкие механизмы ротации кадров между предприятиями кооперационной сети дают возможность перераспределять трудовые ресурсы в соответствии с фазовой динамикой производственных циклов, предотвращая локальные перегрузки и технологические простои. Концептуальная модель выступает адаптивным инструментом, смягчающим последствия временных дисбалансов и обеспечивающим непрерывность производственных процессов в стадии пространственной неоднородности отраслевой инфраструктуры.

Совместное применение мер расширения подготовки, удержания персонала и развития территориальной мобильности формирует синергетический эффект, поскольку каждое из указанных направлений компенсирует ограничения двух других. Образовательные программы создают долгосрочный резерв компетенций. Удержание специалистов стабилизирует квалификационное ядро, однако проблема сужения демографической базы в отдельных регионах не решается. Территориальная мобильность повышает адаптивность кадровых потоков. Интеграция данных механизмов в единую систему управления предопределяет координацию региональных органов власти, промышленных предприятий и образовательных организаций, а также внедрение инструментов мониторинга ранних признаков структурных диспропорций до их трансформации в производственные ограничения.

Реализация комплексного подхода к закрытию структурного дефицита соответствует приоритетам региональной и отраслевой экономики, ориентированным на обеспечение устойчивости территориально-производственных систем при технологической реструктуризации.

Литература

1. Бурый А. С. Инженерная экология: подготовка специалистов на основе интеграции практико-ориентированных технологий // Современное педагогическое образование. – 2024. – № 11. – С. 281-288. – EDN PMHDCM.
2. Бурцев В. А. Проблемы и перспективы пользовательского опыта в цифровых платформах: теоретические подходы и значение для бизнес-приложений // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 330-334. – EDN ZUEOMX.
3. Бурый А. С. Методика интеграции цифровых образовательных технологий в подготовку инженеров-экологов: от теории к практико-ориентированным моделям // Современное профессиональное образование. – 2025. – № 2. – С. 113-119. – EDN AUUDNY.
4. Бурцев В. А. Цифровая грамотность руководителей малого и среднего предпринимательства как фактор успешной автоматизации: педагогический вектор поддержки // Современное педагогическое образование. – 2025. – № 6. – С. 184-191. – EDN PTYRGV.
5. Инструкция по применению полимерных изоляционных лент и оберток с двусторонним липким слоем : Руководящий документ. РД 39Р-00147105-026-02. / Н. В. Абдуллин, Т. Г. Ведерникова, Д. Н. Веселов, И. Ш. Гамбург, Р. Ф. Гильметдинов, Е. Н. Домрачев, М. С. Квицинская, О. П. Квятковский, Н. И. Коновалов, О. В. Маркухов, Ф. М. Мустафин, А. Б. Соловьев, А. В. Тарасов, С. М. Файзуллин, Р. А. Харисов, А. Е. Щепетов. – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство научно-технической литературы "Монография", 2002. – 48 с. – EDN WEWEWP.
6. Харисов Р. А., Хабирова А. Р., Мустафин Ф. М., Хабиров Р. А. Основные причины возникновения дефектов изоляционных покрытий // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2005. – № 1. – С. 16. – EDN TWWMEP.
7. Харисов Р. А., Гаскаров А. И. Анализ причин возникновения дефектов защитных покрытий трубопроводов // Нефтегазовое дело. – 2009. – Т. 7, № 2. – С. 106-111. – EDN PCFWHN
8. Кудрявцева И. Ю. Дефицит кадров как основная угроза кадровой безопасности на предприятиях водного транспорта // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – №. 81. – С. 152-165.
9. Тимохов В. П., Гомонов Н. Д., Труш В. М. Правовые и организационные меры санкционной адаптации судостроения России // Юридическая наука. – 2023. – №. 2. – С. 45-49.
10. Бедарева Л. Ю., Блинова Т. Н., Ломтева Е. В., Федотов А. Кадры технологического суверенитета и задачи трансформации системы СПО: опыт комплексного анализа // Профессиональное образование и рынок труда. – 2023. – Т. 11. – №. 3. – С. 6.
11. Митюков Н. В., Спиридонов С. В. Бухгалтерские отчеты Воткинского завода о судостроении в предвоенные и военные годы // Вопросы истории. – 2022. – №. 2-1. – С. 29-44.
12. Остарков Н. А., Двигубский А. В. Институциональные технологии развития судостроения. Кластеры и кластеризация отрасли // Арктические Ведомости. – 2024. – С. 50-63.
13. Кокшарова М. Судостроение в Сибири во второй половине XIX-начале XX века // Бизнес. Общество. Власть. – 2025. – №. 58. – С. 9-20.
14. Пашеева Т. Ю., Фатов В. И. Организационно-технический уровень подготовки судостроительно-судоремонтного производства и пути его повышения // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15. – №. 2. – С. 282-294.
15. Полшков Ю. Н. Направления инновационной политики судостроительной отрасли России в контексте развития экономики северных регионов // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 213-226.

Diagnosis of limitations in the reproduction of human resources and forecast of structural deficit in shipbuilding clusters

Kurovsky S.V., Mishin D.A., Vakhlanov R.U.

LLC "Higher School of Education", Institute of regional economic problems of the Russian academy of sciences

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The fragmented nature of regulatory personnel planning and the inadequate consideration of structural misalignments between shipbuilding technological cycles, the inertia of educational frameworks, and the spatial and demographic constraints of Russian regions reduce the accuracy of personnel risk forecasting, necessitating a comprehensive diagnosis of limitations in human capital reproduction. The objective of this study is to identify the determinants of structural personnel shortages in regional shipbuilding clusters and to construct a verified personnel workload forecast for the period 2026-2035. The methodology involves operationalizing the shipbuilding order portfolio by converting physical parameters into standard labor costs using logistical scenarios for labor intensity distribution and adjusting for the effective working time fund. The diagnostic apparatus is based on nonparametric statistics (the Kruskal-Wallis H-test, the Mann-Whitney U-test), content analysis of industry materials, and cause-and-effect modeling. The forecast model integrates demographic trajectories, reproduction lag coefficients, and territorial mobility indicators. The results indicate the formation of a pronounced peak in the workforce workload in 2027-2029, exceeding the 2024 baseline by 30-50%. The territorial asymmetry of the deficit reaches statistically significant differences, with Arctic locations and semi-single-industry formations representing 42-50%, while coastal centers are characterized by a level of 28-35%. Nonparametric testing confirms the decisive influence of spatial localization and technological specialization on the intensity of skills gaps. The practical significance lies in the justification of preventive diagnostics of imbalances, in order to synchronize educational investments, personnel retention mechanisms, and territorial mobility programs with the phase dynamics of production cycles.

Keywords: shipbuilding clusters, reproduction of human resources, structural deficit, territorial asymmetry, forecasting of human resource load, nonparametric diagnostics, regional economy, phase dynamics of labor demand.

References

1. Buryi A. S. Engineering Ecology: Training Specialists Based on the Integration of Practice-Oriented Technologies // Modern Pedagogical Education. - 2024. - No. 11. - P. 281-288. - EDN PMHDCM.
2. Burtsev V. A. Problems and Prospects of User Experience in Digital Platforms: Theoretical Approaches and Implications for Business Applications // Innovations and Investments. - 2025. - No. 4. - P. 330-334. - EDN ZUEOMX.
3. Buryi A. S. Methodology for Integrating Digital Educational Technologies into the Training of Environmental Engineers: From Theory to Practice-Oriented Models // Modern Professional Education. - 2025. - No. 2. - P. 113-119. - EDN AUUDNY.
4. Burtsev, V. A. "Digital Literacy of Small and Medium-Sized Business Managers as a Factor in Successful Automation: A Pedagogical Support Vector." Modern Pedagogical Education. – 2025. - No. 6. - P. 184-191.
5. Instructions for the Use of Polymer Insulating Tapes and Wraps with a Double-Sided Adhesive Layer: Guidance Document. RD 39R-00147105-026-02. / N. V. Abdullin, T. G. Vedernikova, D. N. Veselov, I. Sh. Hamburg, R. F. Gilmetdinov, E. N. Domrachev, M. S. Kvitsinskaya, O. P. Kvyatkovsky, N. I. Konovalov, O. V. Markukhov, F. M. Mustafin, A. B. Soloviev, A. V. Tarasov, S. M. Faizullin, R. A. Kharisov, A. E. Shchepetov. – Ufa: Limited Liability Company "Publishing House of Scientific and Technical Literature "Monograph", 2002. – 48 p. – EDN WEWEWP.
6. Kharisov R. A., Khabirova A. R., Mustafin F. M., Khabirov R. A. The Main Causes of Defects in Insulating Coatings // Electronic Scientific Journal Neftegazovoe Delo. – 2005. – No. 1. – P. 16. – EDN TWWMEP.
7. Kharisov R. A., Gaskarov A. I. Analysis of the Causes of Defects in Protective Coatings of Pipelines // Neftegazovoe Delo. – 2009. – Vol. 7, No. 2. – P. 106-111. – EDN PCFWHN
8. Kudryavtseva I. Yu. Personnel Shortage as the Main Threat to Personnel Security at Water Transport Enterprises // Scientific Problems of Water Transport. - 2024. - No. 81. - P. 152-165.
9. Timokhov V. P., Gomonov N. D., Trush V. M. Legal and Organizational Measures for Sanction Adaptation of Russian Shipbuilding // Legal Science. - 2023. - No. 2. - P. 45-49.
10. Bedareva L. Yu., Blinova T. N., Lomteva E. V., Fedotov A. Personnel of Technological Sovereignty and the Tasks of Transforming the SPO System: Experience of a Comprehensive Analysis // Professional Education and the Labor Market. - 2023. - Vol. 11. - No. 3. - P. 6.
11. Mityukov N. V., Spiridonov S. V. Accounting Statements of the Votkinsk Shipyard on Shipbuilding in Pre-war and war years // Questions of History. - 2022. - No. 2-1. - P. 29-44.
12. Ostarkov N. A., Dvigubsky A. V. Institutional technologies for the development of shipbuilding. Clusters and clustering of the industry // Arctic News. - 2024. - P. 50-63.
13. Koksharova M. Shipbuilding in Siberia in the second half of the 19th - early 20th centuries // Business. Society. Power. - 2025. - No. 58. - P. 9-20.
14. Pasheeva T. Yu., Fatov V. I. Organizational and technical level of preparation of shipbuilding and ship repair production and ways to improve it // Bulletin of the Admiral S. O. Makarov State University of Maritime and River Fleet. - 2023. - Vol. 15. – No. 2. – P. 282-294.
15. Polshkov Yu. N. Directions of innovation policy of the shipbuilding industry of Russia in the context of economic development of the northern regions // Corporate governance and innovative development of the economy of the North: Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University. – 2022. – V. 2. – No. 2. – P. 213-226.

Измерение сбалансированного развития НТИ: межстрановая модель координации связей

Лю Фанчэнь
аспирантка, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов, 1042254226@rudn.ru

Статья оценивает сбалансированное развитие науки, технологий и инноваций (НТИ) в 30 странах за 2011-2022 гг. с помощью модели сопряжённой координации трёх подсистем: науки (НИОКР, исследователи, публикации), технологий (патенты, высокотехнологичный экспорт, поступления от ИС) и инноваций (экспорт ИКТ-услуг, плотность новых предприятий, товарные знаки). Средняя степень координации выросла с 0,374 до 0,438, но осталась ниже порога скоординированного развития. Лучшие результаты показали Южная Корея, Швейцария и Швеция; самые низкие - Египет, Пакистан и Индонезия. Основным слабым звеном чаще всего выступает технологическая подсистема. Проверки устойчивости подтверждают стабильность выводов. Работа дополняет исследования НТИ диагностикой координации, а не простым страновым рейтингом.

Ключевые слова: наука, технологии, инновации, сбалансированное развитие, модель координации связей, межстрановое сравнение.

1. Introduction

Science, technology, and innovation (STI) are connected but not identical: science creates knowledge, technology turns it into practical solutions, and innovation brings these solutions to markets. A country can be strong in publications but weak in patents, high-tech exports or commercialization, so STI should be analyzed as a system, in line with national innovation systems and the Triple Helix model [1-4].

Balanced STI development is important because public investment in R&D, universities and infrastructure works only when research, finance, industry and policy are linked. Measuring coordination therefore helps compare countries and identify whether weaknesses reflect low capacity or poor alignment among subsystems [1-4].

This paper examines 30 countries (2011–2022), covering developed, emerging, and developing economies—a decade of rapid digital and knowledge transformation. Using a coupling coordination model, it assesses joint development of the three subsystems, combining subsystem balance with overall system level.

Three research questions: (1) What are the main temporal and cross-country patterns of balanced STI development? (2) Do countries at different development stages show systemic differences? (3) Does weak coordination stem from low absolute development of individual subsystems or from imbalance among them?

Three contributions: (1) Studying STI from a subsystem-balance perspective, not a single composite score. (2) Providing comparable cross-country evidence for 30 economies, including developed, emerging, and developing ones. (3) Using the coupling coordination model as a diagnostic tool to identify both overall differences and structural sources of weak coordination—distinguishing low capacity from misalignment.

2. Literature review and theoretical background

The idea of an innovation system is well established. Freeman highlighted the role of technology policy and industrial structure [1]. Lundvall emphasized interactive learning among firms, users, universities, and public institutions [2]. Nelson treated innovation as a system shaped by institutions and economic structures [3]. The Triple Helix model added university-industry-government interaction [4]. Together, these studies support a core premise: STI development should be viewed as a connected system, not separate outputs, activities, or transactions.

The literature also rejects a linear model. Basic research driving technological progress [5] is replaced by interactive feedback loops among research, design, production, and markets [6]. Evolutionary economists stress cumulative innovation with paths, routines, and selection pressures [7]. Economic complexity research shows development depends on a country's capacity to integrate knowledge [8]. Why does this matter? Balanced STI development is not just about creating knowledge but also translating it into economic benefits.

Another strand focuses on national innovative capacity. Furman, Porter and Stern emphasise infrastructure, cluster conditions, and linkages [9]. Fagerberg and Srholec find that national capabilities (institutional and technological assets) vary significantly across countries [10]. Hekkert et al. propose a functions-based view covering knowledge development, diffusion, entrepreneurship, market formation, and resource mobilisation [11]. A weak link in the STI chain can drag down the whole system.

Measurement matters. The Frascati Manual sets R&D measurement standards [12]; the Oslo Manual defines innovation broadly [13]. Composite indices like the Global Innovation Index facilitate cross-country comparisons [14]. Recent studies use comprehensive indicators to evaluate innovation system effectiveness [15]. The problem: most indices report only the overall level, hiding imbalances (e.g., strong science but weak commercialisation). Hence this paper focuses on coordination, not just overall performance.

The coupling coordination model offers a practical way to measure coordination. It combines each subsystem's development level with their balance. But caution is needed: Wang et al. note problems with formula selection and interpretation [16]. Other applied studies confirm the model is best for description and comparison, not causal analysis [17]. Accordingly, this paper treats the coordination degree as an index of balanced STI development, without claiming causality.

3. Data and methodology

3.1 Sample and data sources

This empirical analysis uses balanced panel data from 30 countries from 2011 to 2022, including 360 country-year observations. These 30 countries are: Argentina, Brazil, Canada, Chile, China, Colombia, Czech Republic, Denmark, Egypt, France, Germany, India, Indonesia, Italy, Japan, Malaysia, Mexico, Norway, Pakistan, Poland, Russia, South Africa, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey, United Kingdom, and the United States.

Countries are grouped as developed, emerging and developing economies according to income level, industrial development and innovation-system maturity, enabling comparison across development stages.

Countries with severe missing values were excluded; for the final sample all observations were available after cleaning. Data come from the World Development Indicators, OECD Key Science and Technology Indicators, UNESCO Institute for Statistics and WIPO Intellectual Property Statistics.

Table 1 presents nine positive indicators. Science covers R&D expenditure, researchers and publications; technology covers resident patents, high-tech exports and IP receipts; innovation covers ICT service exports, new business density and resident trademarks, reflecting observable innovation diffusion, market activity and outputs.

Indicators were selected for theoretical relevance, international comparability, data availability and time consistency. They are concise proxies rather than a full measure of STI quality; ICT service exports, IP receipts, patents and trademarks therefore require cautious interpretation.

Table 1
Indicator system for science, technology, and innovation

Subsystem	Indicator	Data Source	Direction
Science	R&D expenditure (% of GDP)	OECD / World Bank	+
	Researchers (per million people)	UNESCO UIS / World Bank	+
	Scientific publications (per million people)	World Bank	+
Technology	Patent applications by residents per million people	World Bank / WIPO	+
	High-tech exports (% of manufactured exports)	World Bank	+
	IP receipts (% of GDP)	World Bank	+
Innovation	ICT service exports (% of service exports, BoP)	World Bank / IMF	+
	New business density	World Bank	+
	Trademark applications by residents (per million people)	World Bank / WIPO	+

Source: Compiled by the author based on international STI indicators.

3.2 Normalization and subsystem indices

Because indicators use different units, all benefit-type indicators are normalized by the Min-Max method:

$$X'_{ijt} = \frac{x_{ijt} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

Normalization is based on the full country-year sample (2011-2022), so values are comparable over time and across countries. Let x_{ijt} be the original value; the normalized value X'_{ijt} lies between 0 and 1. Each subsystem index is the arithmetic mean of its three indicators.

3.3 Coupling coordination degree model

The coupling coordination model measures the joint development of the three subsystems by combining their balance with the overall development level.

The normalized three-system coupling formula is:

$$C_{it} = 3\left[\frac{SCI_{it} \cdot TEC_{it} \cdot INN_{it}}{(SCI_{it}+TEC_{it}+INN_{it})^3}\right]^{1/3}$$

Based on these three subsystem indices, a comprehensive development index T_{it} is constructed to reflect the overall development level of the STI system:

$$T_{it} = \alpha SCI_{it} + \beta TEC_{it} + \gamma INN_{it}$$

Science, Technology and Innovation are equally weighted:

$$\alpha = \beta = \gamma = 1/3$$

Thus, the composite development index can be rewritten as:

$$T_{it} = \frac{SCI_{it} + TEC_{it} + INN_{it}}{3}$$

The coordination degree D_{it} is then calculated as:

$$D_{it} = \sqrt{C_{it} \times T_{it}}$$

The value of D_{it} is between 0 and 1. Higher D means better coordination, but the value falls when the whole system is weak or when one subsystem lags behind the others. Therefore, it is a descriptive index of balanced STI development, not a causal estimate [16,17].

3.4 Classification of coordination levels

The coordination degree is divided into ten levels. This classification helps interpret the numerical results and compare countries and years.

Table 2
Classification of coordination degree

Coordination Degree (D)	Category
$0.00 \le D < 0.10$	Extreme imbalance
$0.10 \le D < 0.20$	Serious imbalance
$0.20 \le D < 0.30$	Moderate imbalance
$0.30 \le D < 0.40$	Mild imbalance
$0.40 \le D < 0.50$	Near imbalance
$0.50 \le D < 0.60$	Barely coordinated
$0.60 \le D < 0.70$	Primary coordination
$0.70 \le D < 0.80$	Intermediate coordination
$0.80 \le D < 0.90$	Good coordination
$0.90 \le D \le 1.00$	High coordination

Source: adapted from the common interval-based classification used in coupling coordination studies [16,17].

4. Empirical results

4.1 Descriptive statistics

Table 3 shows an average coordination degree of 0.409 (std. 0.152), ranging from 0.087 to 0.764. Science has the highest mean score (0.312), followed by innovation (0.208) and technology (0.139), making technology the main weak subsystem.

Table 3
Descriptive statistics

Variable	mean	std	min	25%	50%	75%	max
S (science)	0.312	0.238	0.004	0.082	0.244	0.496	0.839
T (technology)	0.139	0.118	0.000	0.047	0.114	0.197	0.561
I (innovation)	0.208	0.118	0.026	0.120	0.184	0.295	0.596
C (coupling)	0.833	0.139	0.135	0.790	0.874	0.921	0.997
U (composite)	0.220	0.135	0.027	0.107	0.186	0.321	0.607
D (coordination)	0.409	0.152	0.087	0.290	0.396	0.541	0.764

Source: author's calculations. There are 360 country-year observations.

4.2 Overall trend of STI coordination

Average coordination rose from 0.374 in 2011 to 0.438 in 2022, an increase of 0.063 (about 16.9%). Growth was steady, with only a nearly flat period in 2016-2017.

Despite improvement, the 2022 average remained below 0.50, so the sample stayed close to imbalance. Progress in STI indicators therefore did not automatically create fully coordinated development.

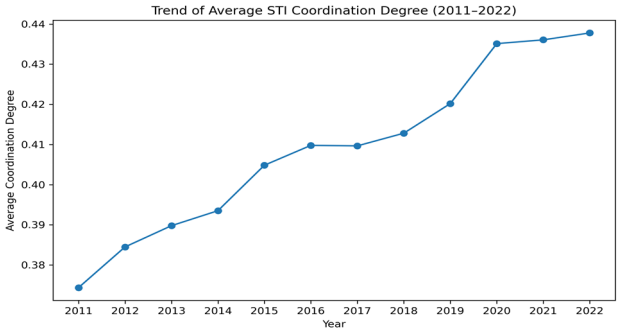


Figure 1. Trend of average STI coordination degree, 2011-2022

4.3 Trends of STI subsystem indices

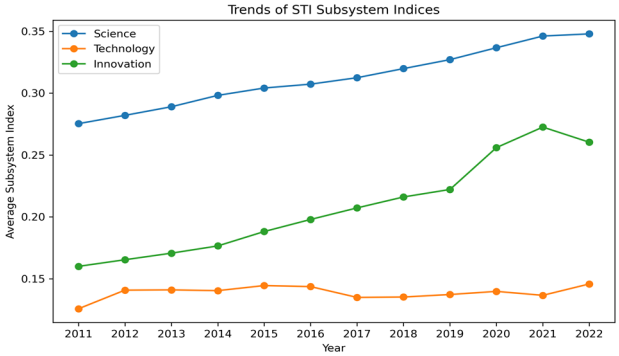


Figure 2. Trends of STI subsystem indices, 2011-2022

Science increased from 0.275 to 0.348, innovation from 0.160 to 0.260, while technology rose only from 0.126 to 0.146. Thus, technology remained both the weakest and the slowest-improving subsystem.

Innovation accelerated after 2019 and peaked in 2021 before a slight 2022 decline; technology stayed relatively stable. This confirms that the main barrier is not only knowledge creation but also conversion into technological and market outcomes.

4.4 Country ranking and national differences

Country rankings differ strongly. South Korea (0.676), Switzerland (0.667) and Sweden (0.604) lead, while Egypt (0.137), Pakistan (0.143) and Indonesia (0.182) rank lowest. Leading countries combine science with technology and innovation capacity; low-ranking countries usually lack technology or science strength.

South Korea leads through the highest technology score and strong science; Switzerland combines science and innovation; Sweden has the strongest science but weaker technology. China ranks 9th because its technology and innovation scores compensate for a lower science score. Russia ranks 17th (0.384), close to Poland, Spain and Italy but far below the leaders, indicating weak links among science, technology and innovation.

The largest improvement belongs to China (+0.176), followed by South Korea (+0.172), while Pakistan declines most (-0.026). Rankings can therefore change when weak STI subsystems are strengthened.

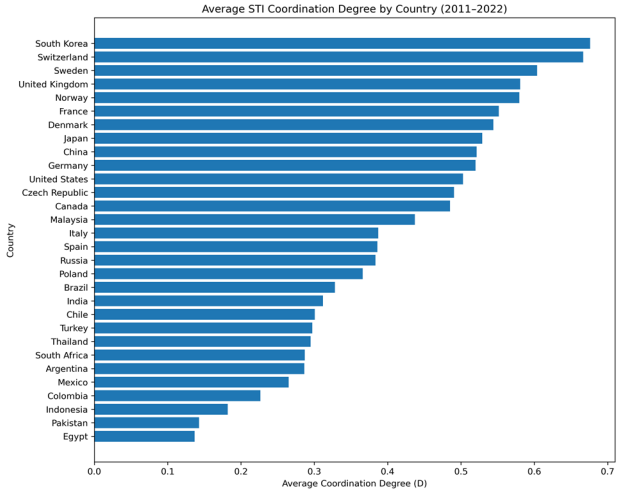


Figure 3. Average STI coordination degree by country, 2011-2022

Table 4

Country ranking by average STI coordination degree, 2011-2022

Rank	Country	Mean S	Mean T	Mean I	Mean D
1	South Korea	0.695	0.503	0.284	0.676
2	Switzerland	0.706	0.319	0.393	0.667
3	Sweden	0.720	0.188	0.361	0.604
4	United Kingdom	0.490	0.189	0.421	0.581
5	Norway	0.608	0.234	0.297	0.580
6	France	0.429	0.192	0.343	0.552
7	Denmark	0.758	0.151	0.230	0.544
8	Japan	0.504	0.327	0.143	0.529
9	China	0.228	0.245	0.389	0.521
10	Germany	0.528	0.184	0.205	0.520
11	United States	0.507	0.223	0.144	0.503
12	Czech Republic	0.420	0.125	0.267	0.490
13	Canada	0.486	0.112	0.251	0.485
14	Malaysia	0.200	0.297	0.120	0.437
15	Italy	0.313	0.066	0.165	0.387
16	Spain	0.328	0.053	0.192	0.386
17	Russia	0.219	0.079	0.188	0.384
18	Poland	0.265	0.067	0.139	0.366
19	Brazil	0.139	0.071	0.138	0.328
20	India	0.058	0.050	0.320	0.312
21	Chile	0.078	0.044	0.238	0.301
22	Turkey	0.195	0.020	0.189	0.297
23	Thailand	0.114	0.139	0.045	0.295
24	South Africa	0.080	0.034	0.213	0.287
25	Argentina	0.098	0.037	0.162	0.287
26	Mexico	0.043	0.118	0.069	0.265
27	Colombia	0.030	0.045	0.104	0.226
28	Indonesia	0.022	0.046	0.050	0.182
29	Pakistan	0.023	0.005	0.136	0.143
30	Egypt	0.080	0.004	0.038	0.137

Sour□e: author's □al□ulations.

4.5 Group comparison

Developed economies have the highest average coordination degree (0.539), followed by emerging (0.325) and developing economies (0.273), showing a stable link between STI coordination and innovation-system maturity.

Developed countries are strongest in science, technology and innovation. Emerging economies exceed developing ones in technology and innovation but lag in science, while developing economies are especially weak in technology. Catching-up countries therefore need both research capacity and institutions or markets that convert knowledge into technology-intensive outputs.

From 2011 to 2022, coordination increased in all groups: developed economies from 0.506 to 0.568, emerging from 0.288 to 0.353, and developing from 0.240 to 0.301. Similar absolute increases mean that group gaps remain.

Table 5

Average subsystem and coordination indices by country group

Sample Group	Mean S	Mean T	Mean I	Mean D
Developed	0.544	0.211	0.264	0.539
Emerging	0.123	0.098	0.177	0.325
Developing	0.164	0.049	0.137	0.273

Sour□e: author's □al□ulations. Countr□grouping follows the author's dataset.

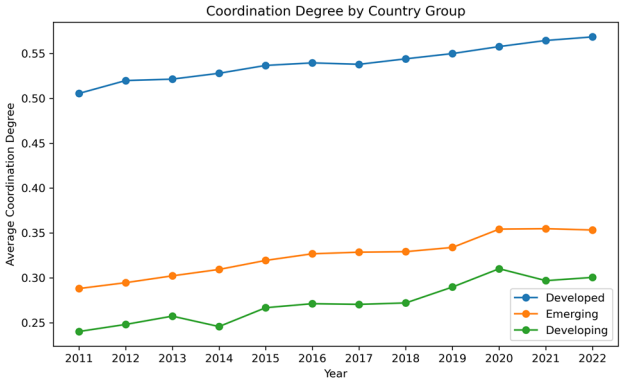


Figure 4. Coordination degree by country group, 2011-2022

4.6 Distribution of coordination types

Only 122 country-year observations (33.9%) reached at least the barely coordinated level; 238 (66.1%) were below 0.50. The most common types were barely coordinated (84), mild imbalance (81) and moderate imbalance (70), and no case reached good or high coordination. Balanced STI development is therefore difficult even among economies with relatively advanced systems.

Table 6

Distribution of coordination types

Coordination Degree (D)	Coordination Type	Count
0.00 ≤ D < 0.10	Extreme imbalance	2
0.10 ≤ D < 0.20	Serious imbalance	30
0.20 ≤ D < 0.30	Moderate imbalance	70
0.30 ≤ D < 0.40	Mild imbalance	81
0.40 ≤ D < 0.50	Near imbalance	55
0.50 ≤ D < 0.60	Barely coordinated	84
0.60 ≤ D < 0.70	Primary coordination	33
0.70 ≤ D < 0.80	Intermediate coordination	5
0.80 ≤ D < 0.90	Good coordination	0
0.90 ≤ D ≤ 1.00	High coordination	0

Sour□e: author's □al□ulations.

4.7 Robustness checks

Robustness checks address indicators sensitive to institutions and accounting: IP receipts may reflect multinational firms or tax arrangements, and ICT service exports may reflect outsourcing. The model is recalculated after excluding IP receipts, excluding ICT service exports, and using the pre-pandemic period 2011-2019, following sensitivity principles for composite indicators [12-14].

Results remain stable. Excluding IP receipts changes mean D from 0.409 to 0.424 with rank correlation 0.996; excluding ICT service exports gives mean D = 0.408 with correlation 0.984. In 2011-2019, coordination still rises from 0.374 to 0.420. Main trends and rankings therefore do not depend on a single sensitive indicator or the post-2019 period.

Table 7
Robustness checks

Specification	Mean D	Rank correlation with baseline	Annual trend	Top three countries
Baseline	0.409	1.000	0.374 to 0.438	South Korea; Switzerland; Sweden
Excluding IP receipts	0.424	0.996	0.392 to 0.454	South Korea; Switzerland; United Kingdom
Excluding ICT service exports	0.408	0.984	0.371 to 0.437	South Korea; Switzerland; United Kingdom
Pre-pandemic sample (2011-2019)	0.400	n.a.	0.374 to 0.420	Switzerland; South Korea; Sweden

Source: author's calculations based on alternative specifications.

6. Conclusion

This paper measures coordinated STI development in 30 countries during 2011-2022 with a three-subsystem indicator system and a coupling coordination model.

Three conclusions follow. First, coordination improved from 0.374 to 0.438 but remained below the coordinated-development threshold. Second, technology is the main weak point: it has the lowest score and slowest growth, meaning the central challenge is transforming knowledge into patents, high-tech exports and IP income. Third, coordination differs by country and development stage: developed economies lead, while developing economies lag; South Korea, Switzerland and Sweden perform best, and Egypt, Pakistan and Indonesia rank lowest.

The contribution is a coordination-based diagnosis of STI rather than a simple overall ranking. The results show that countries should strengthen weak links - technology transfer, industry-university-research cooperation, entrepreneurship and market formation - instead of relying only on higher R&D investment.

The limitations are that indicators are proxies and the coupling coordination model is descriptive rather than causal. Future research should use more detailed data and causal methods to examine how system functions affect STI coordination.

Overall, balanced STI is not an automatic result of growth or R&D spending. It depends on whether science, technology and innovation reinforce each other and whether knowledge can be transformed into technological and economic value.

Литература

1. Freeman C. Технологическая политика и экономические результаты: уроки Японии. Лондон: Pinter, 1987.
2. Lundvall B.A. (ред.). Национальные инновационные системы: к теории инноваций и интерактивного обучения. Лондон: Pinter, 1992.
3. Nelson R.R. (ред.). Национальные инновационные системы: сравнительный анализ. Нью-Йорк: Oxford University Press, 1993.
4. Etzkowitz H., & Leydesdorff L. Динамика инноваций: от национальных систем и режима 2 к тройной спирали взаимодействия университетов, промышленности и государства // Research Policy. 2000. Т. 29. № 2. С. 109-123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4
5. Bush V. Наука: бесконечный рубеж. Вашингтон, округ Колумбия: United States Government Printing Office, 1945. https://www.pi.infn.it/%7Egiorgio/INFN/3M/SciencetheEndlessFrontier.pdf
6. Kline S.J., & Rosenberg N. Обзор инноваций // В кн.: R. Landau & N. Rosenberg (ред.), Стратегия положительной суммы: использование технологий для экономического роста. Вашингтон, округ Колумбия: National Academy Press, 1986. С. 275-305.
7. Nelson R.R., & Winter S.G. Эволюционная теория экономических изменений. Кембридж, Массачусетс: Harvard University Press, 1982.
8. Hidalgo C.A., & Hausmann R. Строительные блоки экономической сложности // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. Т. 106. № 26. С. 10570-10575. https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106
9. Furman J.L., Porter M.E., & Stern S. Детерминанты национальной инновационной способности // Research Policy. 2002. Т. 31. № 6. С. 899-933. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4
10. Fagerberg J., & Srholec M. Национальные инновационные системы, способности и экономическое развитие // Research Policy. 2008. Т. 37. № 9. С. 1417-1435. https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.06.003
11. Hekkert M.P., Suurs R.A.A., Negro S.O., Kuhlmann S., & Smits R.E.H.M. Функции инновационных систем: новый подход к анализу технологических изменений // Technological Forecasting and Social Change. 2007. Т. 74. № 4. С. 413-432. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002
12. OECD. Руководство Фраскати 2015: рекомендации по сбору и представлению данных об исследованиях и экспериментальных разработках. Париж: OECD Publishing, 2015. https://doi.org/10.1787/9789264239012-en
13. OECD/Eurostat. Руководство Осло 2018: рекомендации по сбору, представлению и использованию данных об инновациях (4-е изд.). Париж/Люксембург: OECD Publishing/Eurostat, 2018. https://doi.org/10.1787/9789264304604-en
14. Dutta S., Lanvin B., Rivera Leon L., & Wunsch-Vincent S. (ред.). Глобальный инновационный индекс 2022: каково будущее инновационного роста? Женева: Всемирная организация интеллектуальной собственности, 2022.
15. Chen W., & Song H. Национальная инновационная система: измерение общей эффективности и анализ влияющих факторов // Technology in Society. 2024. Т. 77. 102514. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102514
16. Wang S.-J., Kong W., Ren L., Zhi D.-D., & Dai B.-T. Исследование ошибок и модификации модели степени сопряжённой координации в Китае // Journal of Natural Resources. 2021. Т. 36. № 3. С. 793-810. https://doi.org/10.31497/zrzyxb.20210319
17. Wang W., & Zhang J. Измерение сопряжённой координации функций землепользования и влияющих факторов: пример Пекина // Frontiers in Ecology and Evolution. 2023. Т. 11. 1159152. https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1159152

Measuring balanced sti development: a cross-country coupling coordination model

Liu Fangchen
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This paper measures balanced development of science, technology and innovation (STI) in 30 countries in 2011-2022 using a three-subsystem coupling coordination model. Science includes R&D expenditure, researchers and publications; technology includes resident patents, high-tech exports and IP receipts; innovation includes ICT service exports, new business density and resident trademarks. The average coordination degree increased from 0.374 to 0.438, but remained below the coordinated-development threshold. South Korea, Switzerland and Sweden rank highest, while Egypt, Pakistan and Indonesia rank lowest. Technology is the weakest subsystem in most countries. Robustness checks confirm the stability of the results. The paper provides a diagnostic analysis of coordination rather than a simple national ranking.

Keywords: science, technology, innovation, balanced development, coupling coordination model, cross-country comparison.

References

1. Freeman C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Pinter, 1987.
2. Lundvall B.A. (Ed.). National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter, 1992.
3. Nelson R.R. (Ed.). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. New York: Oxford University Press, 1993.
4. Etzkowitz H., & Leydesdorff L. The dynamics of innovation: From National Systems and Mode 2 to a Triple Helix of university-industry-government relations // Research Policy. 2000. T. 29. No. 2. pp. 109-123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4
5. Bush V. Science: The Endless Frontier. Washington, DC: United States Government Printing Office, 1945. https://www.pi.infn.it/%7Egiorgio/INFN/3M/SciencetheEndlessFrontier.pdf
6. Kline S.J., & Rosenberg N. An overview of innovation // In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. Washington, DC: National Academy Press, 1986. pp. 275-305.
7. Nelson R.R., & Winter S.G. An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
8. Hidalgo C.A., & Hausmann R. The building blocks of economic complexity // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. T. 106. No. 26. pp. 10570-10575. https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106
9. Furman J.L., Porter M.E., & Stern S. The determinants of national innovative capacity // Research Policy. 2002. T. 31. No. 6. pp. 899-933. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4
10. Fagerberg J., & Srholec M. National innovation systems, capabilities and economic development // Research Policy. 2008. T. 37. No. 9. pp. 1417-1435. https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.06.003
11. Hekkert M.P., Suurs R.A.A., Negro S.O., Kuhlmann S., & Smits R.E.H.M. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change // Technological Forecasting and Social Change. 2007. T. 74. No. 4. pp. 413-432. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002
12. OECD. Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. Paris: OECD Publishing, 2015. https://doi.org/10.1787/9789264239012-en
13. OECD/Eurostat. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation (4th ed.). Paris/Luxembourg: OECD Publishing/Eurostat, 2018. https://doi.org/10.1787/9789264304604-en
14. Dutta S., Lanvin B., Rivera Leon L., & Wunsch-Vincent S. (Eds.). Global Innovation Index 2022: What is the Future of Innovation-Driven Growth? Geneva: World Intellectual Property Organization, 2022.
15. Chen W., & Song H. National innovation system: Measurement of overall effectiveness and analysis of influencing factors // Technology in Society. 2024. T. 77. 102514. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102514

Стратегическая перенастройка внешнеэкономической деятельности российских промышленных компаний в условиях новой геоэкономической конфигурации

Овчинников Дмитрий Николаевич
магистрант, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), ovchinnikov.dmitri@gmail.com,

Муртузалиева Светлана Юрьевна
РЭУ им. Г.В. Плеханова, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, murtuzalieva-syu@rudn.ru

В статье рассматриваются изменения в принципах стратегического управления внешнеэкономической деятельностью российских промышленных компаний на фоне перестройки мировой торговой системы и резкого обострения ситуации на Ближнем Востоке в начале 2026 г. Показано, что после 2022 г. для предприятий промышленного сектора определяющее значение приобрели не только вопросы сбыта продукции за рубежом, но и устойчивость расчётных механизмов, конфигурация логистики, доступ к партнёрской инфраструктуре, режим санкционных ограничений и институциональные барьеры входа на рынок. События февраля–мая 2026 г., связанные с военной операцией США и Израиля против Ирана и фактической приостановкой работы МТК «Север – Юг», стали тем эмпирическим полем, на котором прежние подходы к проектированию ВЭД оказались несостоятельны. Предложен авторский подход к стратегической перенастройке внешнеэкономической деятельности, основанный на селективном выборе страновых направлений, сценарном проектировании экспортных операций, интеграции риск-менеджмента в процесс принятия решений и регулярном стресс-тесте экспортной конструкции на реализованные геополитические шоки. Научная новизна состоит в разработке модели адаптивной внешнеэкономической стратегии промышленной компании, в которой приоритет отдаётся не расширению экспортной географии как таковой, а способности фирмы закрепляться на рынке в условиях регуляторной, логистической и военно-политической изменчивости.

Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность, промышленная компания, экспортная стратегия, санкционные риски, логистическая устойчивость, стратегическое управление, МТК «Север – Юг», Ормузский пролив, иранский кризис 2026.

Введение

Внешнеэкономическая деятельность российских промышленных компаний в последние годы перестала развиваться по инерционной траектории. Если раньше она строилась преимущественно на расширении географии продаж, поиске дистрибьюторов и повышении конкурентоспособности продукции по цене и качеству, то теперь в центре внимания оказались иные вопросы: как обеспечить расчёт по контракту, каким маршрутом доставить товар, насколько надёжен посредник, возможна ли последующая сервисная поддержка, какова вероятность санкционного сбоя на любой стадии сделки.

Экспортная операция превратилась в сложную систему, где результат зависит не от одного коммерческого решения, а от связки организационных, правовых, логистических и финансовых параметров. Эта связка стала особенно жёсткой после 28 февраля 2026 г., когда совместная военная операция США и Израиля против Ирана и фактическое закрытие Ормузского пролива в одночасье обесценили часть наработанных российскими экспортёрами маршрутов и расчётных схем — в первую очередь связанных с международным транспортным коридором «Север – Юг».

Новая ситуация требует и иной исследовательской оптики. Во многих публикациях внешнеэкономическая деятельность по-прежнему описывается как линейный процесс: предприятие оценивает рынок, выбирает форму присутствия, заключает контракт, осуществляет поставку. Для промышленного бизнеса такая схема всё чаще оказывается упрощённой.

На практике одна и та же компания может быть конкурентоспособной по продукту, но уязвимой по платёжной инфраструктуре; перспективной по рынку, но неготовой к требованиям локализации; устойчивой по производству, но не имеющей достаточного внешнего контура комплаенс-защиты. Стратегическое управление ВЭД приходится строить уже не по принципу простого роста, а по принципу контролируемой адаптации — и одновременно по принципу готовности к военно-политическим шокам, способным за одни сутки переписать карту маршрутов.

Актуальность темы обусловлена тем, что на рубеже 2025–2026 гг. для российских промышленных компаний закрепилась новая внешняя реальность: экспорт в дружественные и нейтральные юрисдикции требует не только поиска спроса, но и проектирования устойчивой архитектуры присутствия.

Возрастает роль управленческих решений, которые заранее учитывают институциональные ограничения, логистические риски, стоимость входа на рынок и возможность долгосрочного закрепления на нём. К весне 2026 г. к этому списку добавился ещё один параметр — устойчивость экспортной конструкции к синхронному выпадению целых страновых сегментов и транспортных коридоров.

Цель статьи — обосновать необходимость стратегической перенастройки внешнеэкономической деятельности российских промышленных компаний и предложить модель принятия решений, ориентированную на устойчивость экспортных операций в условиях новой геоэкономической конфигурации, в том числе с учётом опыта иранского кризиса 2026 г.

Переосмысление стратегического управления ВЭД

Традиционное понимание стратегического управления внешнеэкономической деятельностью строилось вокруг выбора зарубежного рынка, определения формы входа и обеспечения коммерческой реализации контракта. Такой подход сохраняет определённую методологическую ценность, однако его прикладная пригодность в современных условиях ограничена.

Причина в том, что внешняя среда стала не просто более рискованной, а многослойной. Раньше компания в основном оценивала конъюнктуру рынка и конкурентную ситуацию; теперь к этим вопросам добавились банковский комплаенс, вероятность вторичных ограничений, устойчивость мультимодальных маршрутов, требования локальных регуляторов и чувствительность партнёров к внешнеполитическому контексту.

Эти соображения справедливы и для последнего этапа: события в Иране в феврале–мае 2026 г. показали, что внешняя среда способна ме-

няться скачкообразно, причём изменения затрагивают не отдельные позиции, а целые слои конструкции — логистический, расчётный, страховой и партнёрский одновременно.

Поэтому стратегическое управление ВЭД разумно рассматривать как систему согласования пяти ключевых блоков: экспортного потенциала компании, характеристик целевого рынка, организационной модели присутствия, схемы защиты от рисков и состава внешних институтов поддержки. Только при одновременной увязке этих элементов возможна не единичная экспортная сделка, а формирование устойчивой внешнеэкономической траектории.

Классические модели интернационализации по-прежнему полезны, но их применение требует корректировки. Упсальская логика постепенного наращивания присутствия важна в части накопления рыночного знания, однако сегодня она должна дополняться сценарным подходом: компания обязана понимать не только как войти на рынок, но и что делать при изменении маршрута поставки, отказе банка в проведении платежа, введении дополнительных ограничений, выпадении локального партнёра или военной эскалации в одной из транзитных стран.

Стратегическое управление ВЭД при таком развороте перестаёт быть процессом линейного продвижения и превращается в практику управляемой многовариантности — с обязательным включением «военно-политических» сценариев, которые ещё несколько лет назад относились к категории маловероятных.

Новая конфигурация внешней среды для промышленного экспорта

К концу апреля 2026 г. стало очевидно, что изменение направлений российского внешнеторгового взаимодействия носит не временный, а структурный характер.

Для промышленного сектора это означает, что переориентация на рынки Азии, Ближнего Востока, отдельных государств Африки и Евразийского экономического союза уже не является краткосрочной ответной мерой. Она становится основой новой экспортной географии, внутри которой необходимо выстраивать долгосрочные модели присутствия.

При этом сама по себе переориентация не снимает проблемы стратегического выбора. Многие рынки, которые рассматриваются как перспективные, предъявляют к поставщику повышенные требования: локальная сертификация, наличие сервисного партнёра, адаптация технической документации, работа через местного агента, участие в программах локализации, соблюдение особых правил комплаенса.

Привлекательность страны разумно оценивать не по объёму её импорта или общей динамике экономического роста, а по сочетанию рыночного интереса и фактической доступности для конкретной промышленной компании. Иначе высокий интерес к рынку может оказаться абстрактным: формально спрос есть, но операционно компания не в состоянии его обслужить.

Ещё одна особенность текущего этапа — возросшая роль промежуточных юрисдикций. Они выполняют функции распределительных площадок, платёжных шлюзов, сервисных баз, центров консолидации поставок и посреднических экосистем.

В итоге стратегия внешнеэкономической деятельности нередко выстраивается уже не по схеме «производитель — конечный рынок», а через более сложную конфигурацию, включающую транзитные и операционные узлы.

Иранский шок 2026 г. как стресс-тест экспортной архитектуры

Особое место в новой конфигурации занял эпизод, развернувшийся с 28 февраля 2026 г. Совместная военная операция США и Израиля против Ирана (в американском кодовом обозначении — «Epic Fury», в израильском — «Рёв льва») продолжалась до 5 мая 2026 г. и привела к масштабным разрушениям иранской военной, административной и портовой инфраструктуры, объявлению Корпусом стражей исламской революции о закрытии Ормузского пролива и фактической остановке судоходства в Персидском заливе.

Для российской промышленной ВЭД это означало одномоментный коллапс одного из ключевых проектируемых маршрутов — международного транспортного коридора «Север – Юг». По данным деловых изданий, отправка грузов по МТК с 28 февраля была приостановлена, поставки лесопромышленной продукции и продукции химической отрасли переориентированы на альтернативные направления, а экспортёры в первые недели работали только с теми партиями, которые уже были отправлены до начала боевых действий.

Оценки прямых потерь российских экспортёров за первые недели конфликта составили 50–70 млн долл. США, а прогноз снижения грузооборота МТК «Север – Юг» в 2026 г. — не менее 25 %. На этом фоне правительство Азербайджана 5 марта 2026 г. временно остановило движение грузовых автомобилей через границу с Ираном после падения иранских беспилотников в районе Нахичевани, и перевозки возобновились только 9 марта.

Этот эпизод заслуживает внимания не только как самостоятельное событие, но и как редкий по чистоте стресс-тест экспортной архитектуры. До февраля 2026 г. МТК «Север – Юг» рассматривался многими компаниями как одна из несущих опор переориентации на рынки Индии, Персидского залива и Юго-Восточной Азии; ряд российских и иранских инфраструктурных проектов планировался к запуску в первой половине 2026 г. Реализация военно-политического сценария в одной стране одновременно поставила под вопрос десятки коммерческих контрактов в нескольких других, в том числе никак не связанных с зоной боевых действий.

Не менее важен и реакционный паттерн рынка. Часть экспортёров уже в марте 2026 г. начала пересборку маршрутов через Транскаспийский международный транспортный маршрут (Средний коридор), морские пути в обход Персидского залива и наземные направления через Центральную Азию; другая часть — прежде всего средние промышленные компании — оказалась лишена ресурсов для оперативного переключения и понесла полноту ущерба.

Различие между этими двумя группами компаний — не в качестве продукта и даже не в финансовой устойчивости, а в архитектуре экспортных решений. Те, у кого хотя бы один резервный маршрут был просчитан и формально оформлен заранее, переключились на него с потерей нескольких недель и части маржи. Те, кто строил всю восточно-южную часть своей географии под одну точку входа — иранскую — оказались в положении, при котором переключение требовало не недель, а кварталов.

Иранский кризис 2026 г. подтвердил несколько тезисов, ранее звучавших в академической литературе скорее как методологическая рекомендация: тезис о необходимости параллельных маршрутов, о ценности резервных платёжных схем и о принципиальной важности заранее проработанного «плана В» в страновом и логистическом измерениях. После февраля 2026 г. эти тезисы перестали быть рекомендацией и стали условием выживания экспортного проекта.

Типовые просчёты в экспортной стратегии промышленных компаний

Первая проблема — выбор страны под влиянием общей информационной повестки. Компания ориентируется на широко обсуждаемые направления и входит туда, где «сейчас все работают». Такая логика редко даёт устойчивый результат. Один и тот же рынок может быть перспективным для аграрной продукции, но неэффективным для промышленного оборудования; удобным для разовой поставки, но неподходящим для сервисной модели; благоприятным для крупного экспортёра, но слишком затратным для средней компании.

Вторая проблема связана с недооценкой организационной сложности внешней операции. На уровне управленческого решения экспорт нередко выглядит как продажа товара зарубежному покупателю. На деле промышленный экспорт включает адаптацию спецификаций, подготовку договорной конструкции, организацию доставки, подтверждение происхождения товара, настройку расчётов, постконтрактное сопровождение и урегулирование рекламаций. Когда эти элементы не собраны в единую архитектуру, компания сталкивается с ситуацией, при которой формально заключённый контракт не превращается в устойчивое рыночное присутствие.

Третья проблема — реактивный характер риск-менеджмента. Во многих компаниях риски начинают системно обсуждаться лишь после возникновения сбоя. При современной плотности ограничений куда важнее проектировать экспортную операцию как изначально защищённую конструкцию. Это означает необходимость резервных решений по маршрутам, каналам расчётов, проверке контрагентов и юридическому оформлению обязательств.

Четвёртая проблема, особенно заметная после февраля 2026 г., — недооценка сценариев с низкой вероятностью, но высокой амплитудой последствий. Военно-политические шоки, закрытие проливов, остановка целых транспортных коридоров, экстраординарные санкционные пакеты — события, которые в прошлой управленческой логике относили к «маловероятным» и часто исключали из рабочего сценарного поля. Иранский кризис показал, что для промышленного экспортёра реалистично закладывать в стратегию по крайней мере один такой сценарий — пусть с малым весом, но с проработанным планом операционной реакции.

Авторская модель адаптивной внешнеэкономической стратегии

Для преодоления указанных ограничений предлагается использовать модель адаптивной внешнеэкономической стратегии промышлен-

ной компании. Её центральная идея в том, что внешнеэкономическая деятельность должна проектироваться как система сценариев, а не как единичная линия действий.

Рынок считается стратегически приемлемым не тогда, когда он демонстрирует высокий спрос, а тогда, когда компания способна обеспечить на нём повторяемость операций при допустимом уровне внешней изменчивости — включая изменчивость военно-политического характера в транзитных юрисдикциях.

Модель включает шесть взаимосвязанных этапов. На первом этапе проводится диагностика экспортной состоятельности фирмы: анализируется не только качество продукта, но и наличие кадровых, юридических, логистических и финансовых компетенций. На втором этапе осуществляется селекция рынков по критериям реальной доступности, а не по абстрактной привлекательности. На третьем этапе выбирается организационная форма присутствия: прямой экспорт, работа через дистрибьютора, агентская схема, представительство, совместный проект, локализация части операций. На четвёртом этапе формируется контур устойчивости сделки: расчёты, маршруты, страхование, резервные контрагенты, правовая защита. На пятом этапе в проект включаются инструменты государственной поддержки, если они усиливают экономику выхода на рынок. На шестом этапе — добавленном по итогам опыта 2026 г. — проводится стресс-тест экспортной конструкции по реализованным сценариям: компания берёт уже состоявшиеся шоки (закрытие Ормузского пролива, остановку МТК «Север – Юг», блокировку платёжных каналов через отдельные банки) и проверяет, что произошло бы с её портфелем контрактов при их повторении на иной географии.

Шестой этап — самостоятельный по смыслу. Если первые пять описывают, как собрать экспортную конструкцию, то шестой описывает, как проверить её на прочность, опираясь не на гипотетические допущения, а на уже состоявшиеся события. Эта добавка позволяет вывести модель из категории «методически правильной» в категорию «практически применимой» — то есть такой, в которой стратегические решения проверяются на конкретных эпизодах последних трёх–пяти лет.

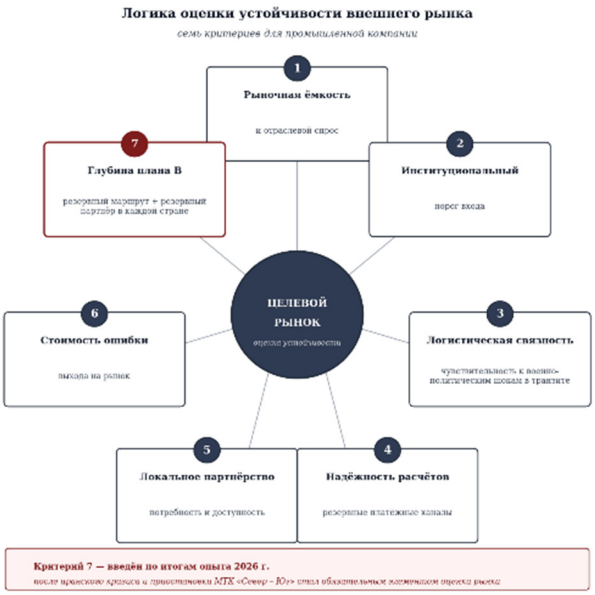


Рис.1. Логика оценки устойчивости внешнего рынка для промышленной компании.
Источник: составлено автором

Научная новизна подхода — в переносе акцента с рынка как объекта выбора на экспортную конструкцию как объект стратегического проектирования. При таком ракурсе внешнеэкономическая стратегия оценивается не по широте географии, а по способности компании воспроизводить экспортную операцию без критической потери управляемости при реалистичном диапазоне внешних шоков. Это особенно значимо для промышленных предприятий, где ошибка внешнего решения дорого обходится из-за длительных производственных циклов, высокой стоимости контракта и обязательств по сервисному сопровождению.

Практические выводы для компаний промышленного сектора

С практической точки зрения компании разумно отказаться от универсальных экспортных шаблонов. Для каждой целевой страны необходимо формировать собственный профиль входа, в котором учитываются не только характеристики спроса, но и требования к переговорам, документам, срокам поставки, послепродажному сервису и комплаенс-проверкам. Иначе внешнеэкономическая стратегия будет существовать только на уровне презентации, но не на уровне реально исполнимой операции.

Средним промышленным предприятиям имеет смысл придерживаться принципа ограниченной концентрации: вместо одновременной попытки освоить большое число стран лучше последовательно развивать несколько направлений, по которым можно обеспечить повторяемость поставок и накопление институционального опыта. Такой подход снижает цену ошибки и создаёт основу для дальнейшего масштабирования.

Опыт первых месяцев 2026 г. добавил к этим выводам ещё один — практический и неприятный. Любая страновая концентрация, даже хорошо проработанная, должна быть подкреплена явным резервом. Для компаний, которые рассматривали Иран как опорный транзитный узел в маршруте на Индию, Залив и Юго-Восточную Азию, март 2026 г. стал моментом вынужденной импровизации: пересборка логистики на Транскаспийский маршрут, наземные коридоры через Центральную Азию и порты Балтики и Азово-Черноморского бассейна шла в режиме оперативного антикризисного управления, тогда как при заранее зафиксированном «плане В» эта пересборка прошла бы более управляемо.

Полезным сигналом для промышленных экспортёров стало то, что Минпромторг России 15 мая 2026 г. объявил отбор логистических операторов на компенсацию части расходов на морские перевозки экспортной продукции из портов Балтийского и Азово-Черноморского бассейнов по «приоритетным международным транспортным направлениям», включающим в 2026 г. 41 страну. Подобные программы не способны компенсировать долгосрочные потери, но снижают стоимость пересборки маршрутов в условиях быстрого перехода от одного коридора к другому.

Особое внимание разумно уделить организационной сборке экспортного проекта внутри самой компании. Внешнеэкономическая деятельность требует согласования интересов коммерческой службы, логистики, финансов, юридического блока, технических специалистов и руководства. Когда это взаимодействие не выстроено, внешние ограничения начинают усиливаться за счёт внутренних разрывов координации. Стратегическая перенастройка ВЭД при таком подходе затрагивает не только внешние рынки, но и внутреннюю управленческую структуру предприятия.

Заключение

Современная внешнеэкономическая деятельность российских промышленных компаний развивается в условиях, при которых стратегический успех зависит не столько от факта присутствия на зарубежном рынке, сколько от качества спроектированной экспортной конструкции. В новых условиях уже недостаточно выбрать страну и найти покупателя. Необходимо заранее определить, каким образом будет обеспечена расчётная устойчивость, логистическая связность, институциональная адаптация и защита сделки от внешних сбоев, в том числе военно-политического характера.

Иранский кризис 2026 г. — закрытие Ормузского пролива, фактическая остановка МТК «Север – Юг» и связанный с ними каскад логистических, расчётных и контрактных сбоев — подтвердил, что граница между «маловероятным» и «реализованным» сценарием в современной мировой экономике стала тоньше, чем предполагали корпоративные модели прошлых лет. Компании, у которых резервные маршруты и платёжные схемы были подготовлены заранее, прошли весну 2026 г. с локальными потерями. Компании, рассчитывавшие на один транзитный узел или один платёжный канал, столкнулись с системными последствиями.

Проведённый анализ показывает, что стратегическая перенастройка ВЭД разумно строится на четырёх принципах: селективности выбора рынков, сценарности проектирования операций, интегрированном риск-менеджменте и регулярном стресс-тесте экспортной конструкции по уже состоявшимся геополитическим шокам. Сочетание этих принципов позволяет промышленной компании перейти от ситуативного экспорта к устойчивой внешнеэкономической траектории, способной выдерживать ускоряющиеся изменения внешней среды.

Предложенная модель может рассматриваться как основа для дальнейшей разработки прикладных методик оценки экспортной устойчивости, ориентированных на отдельные отрасли промышленности. Её использование уместно как в корпоративном стратегическом планировании, так и в практике центров поддержки экспорта и институтов развития, работающих с промышленными предприятиями. Отдельной задачей дальнейших исследований видится накопление кейсов фактической реакции российских промышленных компаний на иранский кризис 2026 г. — этот эмпирический материал, в отличие от гипотетических сценариев,

способен дать прикладные ориентиры для проектирования следующего поколения экспортных стратегий.

Литература

1. Алгоритм стратегического планирования внешнеэкономической деятельности предприятия // Вестник ДонНТУ. 2024. № 4. С. 112–118.
2. Гаджиев М.М., Богатырёва С.В. Основные риски внешнеэкономической деятельности // Вектор экономики. 2019. № 2. С. 15–23.
3. Dunning J.H. The eclectic paradigm of international production: A restatement and some possible extensions // Journal of International Business Studies. 1988. Vol. 19. No. 1. P. 1–31.
4. Johanson J., Vahlne J.-E. The internationalization process of the firm — a model of knowledge development and increasing foreign market commitments // Journal of International Business Studies. 1977. Vol. 8. No. 1. P. 23–32.
5. Наговицына Э.В. Методологические подходы оценки развития экспортной деятельности // Вестник университета. 2021. № 5. С. 45–52.
6. Несырьевой неэнергетический экспорт РФ за 2025 год составил почти 157 млрд // НИУ ВШЭ. URL: https://daily.hse.ru/post/nesyrevoi-neenergeticeskii-eksport-rf-za-2025-god-sostavil-pocti-157-mlrd (дата обращения: 20.05.2026).
7. Объём внешней торговли России за 11 месяцев 2025 года // PortNews. 2026. URL: https://portnews.ru/news/386809/ (дата обращения: 20.05.2026).
8. Российский экспорт и импорт: итоги 2025 // SeaNews. 2026. URL: https://seanews.ru/2026/02/12/ru-rossijskij-jeksport-i-import-itogi-2025/ (дата обращения: 20.05.2026).
9. Правовые основы и проблемы функционирования Транскаспийского маршрута как элемента МТК «Север – Юг» // КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-osnovy-i-problemy-funktsionirovaniya-transkaspiyskogo-marshruta-kak-elementa-mtk-sever-yug (дата обращения: 20.05.2026).
10. Война США и Израиля с Ираном (2026) // Britannica. URL: https://www.britannica.com/event/2026-Iran-war (дата обращения: 20.05.2026).
11. Как закрытие Ормузского пролива влияет на мировую экономику // Ведомости. 2026. 2 марта. URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2026/03/02/1180254-zakritie-ormuzskogo-proliva (дата обращения: 20.05.2026).
12. Экспортёры отказываются от МТК «Север – Юг» // Ведомости. 2026. 11 марта. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2026/03/11/1181949-eksporteri-otkazivayutsya-ot-mtk-sever-yug (дата обращения: 20.05.2026).
13. Назаров Е. Досье «Север – Юг». Расследование: как война в Иране обрушила многомиллиардный проект и кто понёс потери // Sostav. 2026. 20 марта. URL: https://www.sostav.ru/blogs/286993/80451 (дата обращения: 20.05.2026).
14. Транспортная геополитика в Евразии: «Средний коридор» против МТК «Север – Юг» // StanRadar. 2026. URL: https://stanradar.com/news/full/59652-transportnaja-geopolitika-v-evrazii-srednij-koridor-protiv-mtk-sever-jug.html (дата обращения: 20.05.2026).
15. Минпромторг отберёт логистических операторов для субсидий на «обкатку» экспортных маршрутов // Интерфакс. 2026. 15 мая. URL: https://www.interfax.ru/russia/1089711 (дата обращения: 20.05.2026).

Strategic reconfiguration of foreign economic activity of Russian industrial companies under the new geoeconomic configuration

Ovchinnikov D.N., Murtuzalieva S.Yu.

REU im. G.V. Plekhanov, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines changes in the principles of strategic management of foreign economic activity of Russian industrial companies under the restructuring of the world trade system and the sharp escalation in the Middle East in early 2026. It is argued that after 2022 the decisive factors for industrial enterprises have included not only foreign sales, but also the resilience of payment mechanisms, logistics configuration, access to partner infrastructure, the sanctions regime and institutional barriers to market entry. The events of February–May 2026 — the US–Israeli military operation against Iran and the de-facto suspension of the International North–South Transport Corridor — became the empirical ground on which earlier approaches to designing foreign economic operations proved untenable. The paper proposes an author's approach to the strategic reconfiguration of foreign economic activity based on selective choice of country markets, scenario design of export operations, integration of risk management into decision-making and regular stress-testing of the export construction against realised geopolitical shocks. The scientific novelty lies in the development of an adaptive foreign economic strategy model for an industrial company, where the priority is not the expansion of export geography as such, but the firm's ability to secure a stable position in the market under regulatory, logistics and military-political volatility.

Keywords: foreign economic activity, industrial company, export strategy, sanctions risks, logistics resilience, strategic management, INSTC, Strait of Hormuz, Iran crisis 2026.

References

1. Algorithm for Strategic Planning of a Company's Foreign Economic Activity // *Bulletin of DonNTU*. 2024. No. 4. P. 112–118.
2. Gadzhiev M.M., Bogatyreva S.V. Key Risks of Foreign Economic Activity // *Vector of Economics*. 2019. No. 2. P. 15–23.
3. Dunning J.H. The Eclectic Paradigm of International Production: A Restatement and Some Possible Extensions // *Journal of International Business Studies*. 1988. Vol. 19. No. 1. P. 1–31.
4. Johanson J., Vahlne J.-E. The Internationalization Process of the Firm — A Model of Knowledge Development and Increasing Foreign Market Commitments // *Journal of International Business Studies*. 1977. Vol. 8. No. 1. P. 23–32.
5. Nagovitsyna E.V. Methodological Approaches to Assessing the Development of Export Activities // *University Bulletin*. 2021. No. 5. P. 45–52.
6. Russia's Non-Resource Non-Energy Exports in 2025 Reached Nearly 157 Billion // *HSE University*. URL: https://daily.hse.ru/post/nesyrevoi-neenergeticeskii-eksport-rf-za-2025-god-sostavil-pocti-157-mlrd (accessed: 20.05.2026).
7. Russia's Foreign Trade Volume for the First 11 Months of 2025 // *PortNews*. 2026. URL: https://portnews.ru/news/386809/ (accessed: 20.05.2026).
8. Russian Exports and Imports: Results of 2025 // *SeaNews*. 2026. URL: https://seanews.ru/2026/02/12/ru-rossijskij-jeksport-i-import-itogi-2025/ (accessed: 20.05.2026).
9. Legal Framework and Challenges in the Operation of the Trans-Caspian Route as a Component of the North–South International Transport Corridor // *CyberLeninka*. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-osnovy-i-problemy-funktsionirovaniya-transkaspiyskogo-marshruta-kak-elementa-mtk-sever-yug (accessed: 20.05.2026).
10. The US–Israel War with Iran (2026) // *Britannica*. URL: https://www.britannica.com/event/2026-Iran-war (accessed: 20.05.2026).
11. How the Closure of the Strait of Hormuz Affects the Global Economy // *Vedomosti*. 2026. March 2. URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2026/03/02/1180254-zakritie-ormuzskogo-proliva (accessed: 20.05.2026).
12. Exporters Abandon the North–South International Transport Corridor // *Vedomosti*. 2026. March 11. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2026/03/11/1181949-eksporteri-otkazivayutsya-ot-mtk-sever-yug (accessed: 20.05.2026).
13. Nazarov E. The North–South Dossier. Investigation: How the War in Iran Collapsed a Multi-Billion Dollar Project and Who Suffered the Losses // *Sostav*. 2026. March 20. URL: https://www.sostav.ru/blogs/286993/80451 (accessed: 20.05.2026).
14. Transport Geopolitics in Eurasia: The Middle Corridor vs. the North–South International Transport Corridor // *StanRadar*. 2026. URL: https://stanradar.com/news/full/59652-transportnaja-geopolitika-v-evrazii-srednij-koridor-protiv-mtk-sever-jug.html (accessed: 20.05.2026).
15. The Ministry of Industry and Trade Will Select Logistics Operators for Subsidies to "Test" Export Routes // *Interfax*. 2026. May 15. URL: https://www.interfax.ru/russia/1089711 (accessed: 20.05.2026).

Цифровые технологии информационного моделирования BIM как фактор повышения конкурентоспособности вузов строительного профиля

Набиев Давид Насимович
аспирант кафедры «Экономика и управление предприятием», Направление подготовки 5.2.3 Региональная отраслевая экономика, Астраханский государственный технический университет, Davi99.99@mail.ru,

Шаповалов Дмитрий Максимович
аспирант кафедры «Строительство», Направление подготовки 2.1.9 Строительная механика, Астраханский государственный технический университет, atlait.shapovalov.1998@mail.ru

В статье рассматриваются цифровые технологии информационного моделирования BIM как фактор повышения конкурентоспособности вузов строительного профиля в условиях цифровой трансформации строительной отрасли и рынка образовательных услуг. Актуальность исследования обусловлена ростом требований работодателей к BIM-компетенциям выпускников, необходимостью модернизации образовательных программ и усилением практико-ориентированной подготовки специалистов. Цель статьи заключается в обосновании BIM-технологий как комплексного организационно-экономического фактора конкурентоспособности строительного вуза. В работе раскрыта связь между внедрением BIM в образовательный процесс, формированием цифровых компетенций, повышением востребованности выпускников и укреплением конкурентных позиций образовательной организации. Особое внимание уделено экономическому значению BIM-подготовки, влиянию цифровизации на рынок образовательных услуг, проблемам интеграции BIM в учебные программы и перспективам развития междисциплинарной проектной модели обучения. Научная новизна исследования состоит в рассмотрении BIM не только как технологии проектирования или образовательного инструмента, но и как механизма формирования устойчивых конкурентных преимуществ вузов строительного профиля.
Ключевые слова: BIM, информационное моделирование, цифровые технологии, строительное образование, вузы строительного профиля, конкурентоспособность вузов, цифровая трансформация, рынок образовательных услуг, BIM-компетенции, цифровые компетенции, подготовка кадров, строительная отрасль, образовательные программы, практико-ориентированное обучение, кадровый потенциал.

Цифровая трансформация строительной отрасли меняет требования к высшему строительному образованию. Современное строительство переходит от традиционной проектной документации к цифровым информационным моделям, объединяющим архитектурные, конструктивные, инженерные, организационные и эксплуатационные данные об объекте на этапах его жизненного цикла. В этих условиях BIM приобретает значение производственного инструмента и образовательной технологии, влияющей на качество подготовки специалистов.

Для строительных вузов внедрение BIM связано с модернизацией образовательных программ, обновлением содержания дисциплин, развитием проектного обучения и формированием цифровых компетенций студентов. Одновременно BIM выступает фактором конкурентоспособности вуза, влияя на привлекательность программ, востребованность выпускников, взаимодействие с работодателями, репутацию образовательной организации и ее соответствие требованиям цифровой экономики.

Проблематика конкурентоспособности вузов широко представлена в отечественной литературе, однако ее связь с внедрением BIM в строительном образовании остается фрагментарно разработанной. М. Н. Белинская рассматривает конкурентоспособность вуза через систему внутренних и внешних факторов, включая качество образовательных услуг, кадровый потенциал, материально-техническую базу и адаптацию к изменениям внешней среды [1]. Л. А. Корчагова акцентирует рыночный аспект конкурентоспособности, связывая ее с положением вуза на рынке образовательных услуг, востребованностью выпускников и устойчивым качеством подготовки специалистов [2]. Ю. Б. Надточий трактует конкурентоспособность образовательной организации как результат способности реагировать на изменения внешней среды, что позволяет связать данную проблему с цифровой трансформацией экономики [3].

Е. М. Рождественская и Е. В. Ярина развивают цифровой аспект анализа, связывая конкурентоспособность вуза с преодолением цифрового неравенства, использованием цифровых инструментов, укреплением бренда и повышением качества образовательных услуг [4]. Однако цифровизация в этих исследованиях рассматривается преимущественно в общем виде, без детального анализа отраслевых технологий строительного образования.

Л. А. Сакмарова рассматривает BIM как средство повышения практической направленности подготовки студентов строительного профиля [5]. Информационное моделирование трактуется как инструмент проектирования и образовательная технология, приближающая учебные задания к реальным условиям профессиональной деятельности. Вместе с тем влияние BIM на конкурентоспособность вуза остается за пределами основного исследовательского фокуса.

Е. С. Исаева связывает использование BIM в образовательной среде с цифровизацией строительной отрасли и формированием у студентов способности работать в цифровой информационной среде проекта [6]. Такой подход позволяет рассматривать BIM как элемент трансформации профессионального образования, однако экономический эффект этой трансформации для вуза раскрыт недостаточно полно.

М. А. Бутримов выделяет проблемы интеграции BIM в учебный процесс архитектурных вузов: дефицит подготовленных преподавателей, недостаточность методического обеспечения и сложность перестройки учебных планов [7]. Н. М. Гришина подчеркивает необходимость системного обновления строительного образования, поскольку фрагментарное освоение отдельных программных продуктов не обеспечивает полноценной подготовки специалистов для цифровой строительной отрасли [8].

А. И. Царев, анализируя европейский опыт внедрения BIM, показывает, что в зарубежной практике BIM чаще выступает сквозной технологией, связанной с проектированием и управлением жизненным циклом объекта [9]. Это выявляет отличие от отечественной практики, где BIM нередко внедряется как отдельная дисциплина или программный модуль, а не как основа междисциплинарной образовательной среды.

Н. В. Горовой раскрывает потенциал BIM-чемпионатов и проектно-соревновательных форматов в формировании цифровых компетенций студентов [10]. В данном подходе BIM выступает не только содержанием обучения, но и формой организации образовательной деятельности, развивающей командное взаимодействие и приближающей подготовку к условиям строительной отрасли.

А. М. Горшков рассматривает BIM как инструмент повышения эффективности проектирования, снижения ошибок и улучшения взаимодействия участников строительного процесса [11]. Эта позиция значима для строительного образования, поскольку отраслевой спрос формирует требования к выпускникам. М. Р. Чикина связывает BIM с принципами бережливого строительства, подчеркивая его роль в оптимизации процессов и снижении издержек [12]. О. Д. Олейнич показывает, что BIM выходит за рамки трехмерного моделирования и включает управление данными, координацию решений, сопровождение жизненного цикла объекта и взаимодействие участников проекта [13].

Зарубежное исследование Z. Ashour, Z. Shaghaghian и W. Yan демонстрирует возможности интеграции BIM с технологиями дополненной реальности в обучении архитектурным представлениям [14]. Оно расширяет представление о цифровом строительном образовании, однако акцентирует преимущественно педагогический и технологический эффект цифровых инструментов, тогда как их влияние на конкурентоспособность образовательных организаций остается менее выраженным.

Таким образом, анализ литературы выявляет несколько взаимосвязанных, но недостаточно интегрированных исследовательских линий. В работах по конкурентоспособности вузов раскрываются факторы рыночной устойчивости, качества образовательных услуг и адаптивности образовательных организаций. Исследования BIM-образования обосновывают значение информационного моделирования для практико-ориентированной подготовки и формирования цифровых компетенций. Отраслевые исследования рассматривают BIM как фактор эффективности строительства, оптимизации процессов и управления проектными данными.

Научная дискуссия формируется на пересечении этих направлений. BIM признан инструментом цифровизации строительной отрасли и подготовки кадров, однако его роль в повышении конкурентоспособности строительных вузов пока недостаточно теоретически обоснована. Недостаточно изучены механизмы влияния BIM на привлекательность образовательных программ, востребованность выпускников, партнерства с работодателями, репутацию вуза и его цифровую зрелость.

Следовательно, степень научной разработанности проблемы можно определить как частичную. Отдельные аспекты темы исследованы достаточно подробно, однако отсутствует целостная организационно-экономическая модель, раскрывающая BIM как фактор конкурентоспособности вузов строительного профиля. Данный пробел определяет необходимость анализа BIM не только как образовательной или проектной технологии, но и как инструмента формирования устойчивых конкурентных преимуществ строительного вуза.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях цифровизации строительства конкурентоспособность строительного вуза все больше зависит от интеграции BIM в образовательные программы, научно-проектную деятельность и практическую подготовку студентов. Формирование BIM-компетенций выпускников позволяет повысить качество образовательных услуг, усилить связь с рынком труда и укрепить конкурентные позиции вуза.

Объект исследования - вузы строительного профиля в условиях цифровой трансформации строительной отрасли и рынка образовательных услуг.

Предмет исследования - организационно-экономические и образовательные механизмы влияния BIM-технологий на конкурентоспособность вузов строительного профиля.

Цель исследования - обосновать BIM-технологии как фактор повышения конкурентоспособности вузов строительного профиля и определить основные направления их влияния на качество подготовки специалистов, рынок образовательных услуг и кадровый потенциал строительной отрасли.

Для достижения цели необходимо систематизировать научные подходы к исследованию BIM в строительном образовании, раскрыть экономическое значение BIM-подготовки, определить влияние BIM-компетенций на востребованность выпускников, выявить проблемы внедрения BIM в образовательную среду, предложить авторскую модель влияния BIM на конкурентоспособность строительного вуза и обозначить перспективы развития BIM-подготовки.

Научная новизна исследования состоит в рассмотрении BIM не только как инструмента цифрового проектирования и образовательной практики, но и как комплексного фактора конкурентоспособности строительного вуза. Авторская позиция заключается в обосновании влияния BIM на качество образовательных программ, цифровые компетенции выпускников, кадровый потенциал отрасли, взаимодействие с работодателями, проектно-исследовательскую активность и репутационную привлекательность вуза.

Методологическую основу исследования составляют системный и сравнительный анализ, теоретическое обобщение, классификация и структурно-логическое моделирование. Системный подход обусловлен тем, что внедрение BIM затрагивает содержание образовательных программ, квалификацию преподавателей, материально-техническую базу, взаимодействие с работодателями, научно-проектную деятельность и стратегию развития образовательной организации.

Теоретическая база исследования включает источники, посвященные BIM-технологиям в образовательной среде, цифровизации строительного образования, конкурентоспособности вузов, цифровым компетенциям и требованиям строительной отрасли к выпускникам. BIM рассматривается в технологическом аспекте как инструмент создания, координации и анализа цифровой информационной модели объекта строительства; в образовательном - как средство формирования профессиональных и цифровых компетенций студентов; в экономическом - как фактор повышения конкурентоспособности вуза на рынке образовательных услуг. Такой подход позволяет трактовать BIM не только как программное обеспечение, но и как элемент институционального развития строительного вуза.

Проведенный анализ показывает, что BIM является одним из ключевых инструментов цифровизации строительного образования. Его внедрение меняет логику подготовки специалистов: вместо освоения отдельных дисциплин, выполнения чертежей и расчетов BIM-подход предполагает работу с единой информационной моделью, объединяющей архитектурные, конструктивные, инженерные и организационные решения.

Образовательный процесс становится более междисциплинарным: студент воспринимает проект не как набор чертежей, а как систему взаимосвязанных данных. Такая модель ближе к профессиональной деятельности, где участники проекта работают в единой информационной среде. В результате BIM способствует переходу от репродуктивной модели образования к проектно-аналитической, ориентированной на анализ взаимосвязей модели, выявление коллизий, оценку проектных изменений и понимание последствий ошибок на этапах жизненного цикла объекта.

Экономический аспект внедрения BIM в строительных вузах проявляется в повышении ценности образовательной услуги, росте востребованности выпускников, развитии партнерств с работодателями и формировании сквозных образовательных траекторий. Программа с BIM-подготовкой воспринимается абитуриентами и работодателями как современная и практико-ориентированная; строительные и проектные организации нуждаются в специалистах, способных работать с цифровыми моделями и координировать проектные решения. Цифровая модель учебного проекта может использоваться в разных дисциплинах, снижая фрагментарность образовательного процесса.

Одним из значимых результатов исследования является выявление связи между BIM-компетенциями выпускников и требованиями рынка труда. Современный рынок строительных профессий смещается от запроса на специалистов, владеющих традиционными инструментами проектирования, к запросу на специалистов, способных работать в цифровой среде. BIM-компетенции включают создание трехмерной модели, понимание структуры информационной модели, работу с параметрами, координацию разделов проекта, выявление коллизий, обмен данными, подготовку документации на основе модели и взаимодействие с участниками проектного процесса. В связи с этим можно выделить три уровня BIM-компетентности выпускника, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Уровни BIM-компетентности выпускника строительного вуза.

Уровень BIM-компетентности	Содержание компетенций	Значение для рынка труда
Базовый	Владение BIM-инструментами, моделирование, оформление документации	Выполнение типовых проектных задач
Проектный	Координация разделов, параметры, коллизии, командная работа	Готовность к работе в проектной организации
Управленческий	BIM-стандарты, жизненный цикл объекта, информационные потоки	Потенциал для BIM-координации и управления проектами

Источник: составлено автором на основе [11], [13], [14], [17].

Данная классификация показывает, что конкурентоспособность выпускника зависит не только от знания конкретной программы, но и от способности применять BIM в профессиональной логике строительного проекта.

Анализ образовательных практик показывает, что BIM внедряется в российских строительных вузах по нескольким моделям.

Первая модель - дисциплинарная: BIM изучается в рамках отдельной дисциплины, связанной с компьютерным проектированием, архи-

тектурным моделированием или автоматизированными системами проектирования. Ее преимущество заключается в простоте внедрения, а ограничение - в изолированности BIM от образовательной программы в целом.

Вторая модель - проектная: BIM применяется при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Она усиливает практическую направленность обучения, однако ее эффективность зависит от методической подготовки преподавателей и доступности программного обеспечения.

Третья модель - междисциплинарная: BIM интегрируется в архитектурное проектирование, конструкции, инженерные системы, организацию и экономику строительства, управление проектами. Эта модель сложнее в реализации, но позволяет сформировать целостное понимание цифрового строительного проекта.

Четвертая модель - проектно-соревновательная: BIM используется в чемпионатах, студенческих конкурсах, проектных интенсивах и командной работе. Такой подход моделирует реальные условия взаимодействия специалистов и формирует технические, коммуникативные, организационные и управленческие компетенции [11].

Таблица 2

Модели внедрения BIM в образовательный процесс строительных вузов

Модель внедрения BIM	Преимущества	Ограничения
Дисциплинарная	Простота включения в учебный план	Изолированность от других дисциплин
Проектная	Связь с реальными учебными задачами	Зависимость от квалификации преподавателя
Междисциплинарная	Формирование целостного проектного мышления	Сложность координации учебных программ
Проектно-соревновательная	Развитие командных и практических навыков	Требует организационной и ресурсной поддержки

Источник: составлено автором на основе [3], [4], [6], [11], [13].

Наиболее перспективной для строительных вузов является междисциплинарная модель, дополненная проектно-соревновательными форматами (табл. 2), поскольку она рассматривает BIM как сквозную образовательную технологию.

Несмотря на преимущества BIM, его внедрение связано с кадровыми, методическими, организационными, ресурсными и экономическими проблемами. Кадровая проблема обусловлена разрывом между академической подготовкой преподавателей и практикой цифрового проектирования, поскольку эффективное обучение требует опыта работы с информационными моделями [15]. Методическая проблема связана с определением компетенций, содержания заданий, критериев оценки модели и междисциплинарных связей BIM [17].

Организационная проблема требует согласования кафедр, преподавателей и образовательных программ: при изолированности дисциплин BIM не становится основой цифровой проектной среды. Ресурсная проблема связана с потребностью в программном обеспечении, производительных компьютерах, учебных лицензиях, цифровых библиотеках семейств, шаблонах, регламентах и методических материалах. Экономическая проблема обусловлена первоначальными затратами и отложенным эффектом внедрения, поэтому BIM следует рассматривать как долгосрочную инвестицию в конкурентоспособность образовательной организации.

Полученные результаты показывают, что BIM формирует образовательные и экономические конкурентные преимущества строительного вуза. В образовательном процессе он повышает качество подготовки специалистов через развитие практических, цифровых и междисциплинарных компетенций, а образовательный эффект становится основой экономического эффекта.

На рынке образовательных услуг BIM усиливает привлекательность программ, поскольку абитуриенты и их семьи оценивают связь обучения с реальными профессиями и современными технологиями. Наличие BIM-лабораторий, проектных форматов, цифровых дисциплин и партнерств с работодателями создает дополнительное конкурентное преимущество.

На рынке труда BIM повышает востребованность выпускников: работодатели заинтересованы в специалистах, способных быстрее адаптироваться к цифровым процессам проектной организации. BIM-подготовка сокращает разрыв между вузом и производством, что особенно важно для строительной отрасли, где цифровизация требует не только программных навыков, но и новой культуры проектного взаимодействия [16].

С позиции институционального развития BIM способствует формированию цифровой зрелости вуза, проявляющейся не только в наличии программного обеспечения, но и в способности перестраивать образовательные процессы, создавать междисциплинарную проектную среду, развивать преподавателей и выстраивать партнерства с отраслью. На основе проведенного анализа предложена авторская модель влияния BIM на конкурентоспособность строительного вуза (табл. 3).

Таблица 3

Авторская модель влияния BIM на конкурентоспособность строительного вуза.

Блок влияния BIM	Механизм воздействия	Конкурентный результат
Образовательный	Обновление программ, проектное обучение, междисциплинарные задания	Повышение качества образовательных услуг
Кадровый	Развитие BIM-компетенций студентов и преподавателей	Рост востребованности выпускников
Рыночный	Соответствие программ требованиям работодателей	Повышение привлекательности вуза
Репутационный	Демонстрация цифровой зрелости и инновационности	Укрепление бренда образовательной организации
Партнерский	Совместные проекты, стажировки, BIM-чемпионаты	Расширение взаимодействия с отраслью
Экономический	Повышение ценности образовательной услуги	Усиление конкурентных позиций на рынке образования

Источник: составлено автором.

Данная модель показывает, что BIM влияет на конкурентоспособность вуза через систему взаимосвязанных образовательных, кадровых, рыночных и репутационных эффектов.

Результаты исследования позволяют выделить два подхода к интеграции BIM в строительное образование. Первый рассматривает BIM как отдельную дисциплину, ориентированную на освоение программного обеспечения. Он удобен на начальном этапе внедрения, но ограничивает потенциал BIM, поскольку не формирует целостного понимания цифрового строительного проекта.

Второй подход трактует BIM как сквозную образовательную технологию, интегрированную в разные дисциплины и междисциплинарное проектное обучение. Он более перспективен, поскольку соответствует логике строительной отрасли, где проект создается командой участников в единой информационной среде.

Дискуссионным остается вопрос о показателях эффективности BIM-подготовки. На уровне студента к ним относятся качество модели, выявление проектных ошибок, командная работа и понимание жизненного цикла объекта; на уровне образовательной программы - BIM-дисциплины, междисциплинарные проекты, практические задания и связи с работодателями; на уровне вуза - BIM-лаборатории, цифровая инфраструктура, отраслевые партнерства, участие студентов в конкурсах и трудоустройство выпускников.

Экономический аспект внедрения BIM связан с трансформацией затрат на BIM-подготовку в конкурентные преимущества. Прямой эффект проявляется в росте привлекательности образовательных программ, расширении партнерств с работодателями и развитии дополнительных образовательных услуг; косвенный - в повышении репутации вуза, качества подготовки выпускников и его позиций в профессиональном сообществе.

Ограничение исследования обусловлено его теоретико-аналитическим характером и отсутствием количественной оценки влияния BIM на конкурентоспособность конкретных вузов. Дальнейшие эмпирические исследования должны сопоставить уровень BIM-зрелости строительных вузов с трудоустройством выпускников, востребованностью образовательных программ, числом партнерств с работодателями, участием студентов в проектной деятельности и позиционированием вуза на рынке образовательных услуг.

Перспективным направлением является разработка методики оценки BIM-зрелости строительного вуза, включающей образовательные, кадровые, инфраструктурные, партнерские, результативные и репутационные показатели. Критериями могут выступать наличие BIM-дисциплин и проектных модулей, квалификация преподавателей и их практический опыт, обеспеченность программным обеспечением и цифровой инфраструктурой, взаимодействие с проектными и строительными организациями, трудоустройство выпускников, качество выпускных квалификационных работ и позиционирование вуза как цифровой образовательной организации.

Проведенное исследование показывает, что BIM-технологии являются фактором цифровизации строительного образования, обеспечивая переход от дисциплинарного обучения к междисциплинарной проектной

модели подготовки специалистов. Их экономическое значение проявляется в повышении ценности образовательной услуги, усилении связи с рынком труда, росте востребованности выпускников и формировании конкурентных преимуществ. BIM-компетенции становятся условием профессиональной конкурентоспособности выпускников, поскольку строительная отрасль нуждается в специалистах, способных работать с цифровыми моделями, координировать проектные решения и участвовать в управлении жизненным циклом объекта.

Наиболее перспективной является междисциплинарная модель внедрения BIM, дополненная проектными и соревновательными форматами обучения. Основными проблемами остаются дефицит квалифицированных преподавателей, недостаточная методическая база, организационная разобщенность дисциплин, ресурсные ограничения и отсутствие системы оценки эффективности BIM-подготовки.

Авторская модель показывает, что BIM формирует конкурентные преимущества через образовательный, кадровый, рыночный, репутационный, партнерский и экономический блоки. Научная новизна исследования состоит в обосновании BIM как комплексного организационно-экономического фактора конкурентоспособности вузов строительного профиля, а не только как инструмента проектирования или учебной технологии. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методики оценки BIM-зрелости строительных вузов и эмпирическим анализом влияния BIM-подготовки на трудоустройство выпускников, привлекательность образовательных программ и развитие партнерств с работодателями.

Литература

1. Белинская М. Н. Факторы оценки конкурентоспособности государственных вузов // Вестник Самарского государственного университета. - 2013. - № 1 (102). - С. 20–26.
2. Корчагова Л. А. Оценка конкурентоспособности вуза // Маркетинг в России и за рубежом. - 2007. - № 5. - С. 48–54.
3. Надточий Ю. Б. Факторы, влияющие на конкурентоспособность образовательной организации // Современная конкуренция. - 2021. - Т. 15, № 4. - С. 109–117. - DOI: 10.37791/2687-0657-2021-15-4-109-117.
4. Рождественская Е. М., Ярина П. А. Проблемы повышения конкурентоспособности организации в условиях преодоления цифрового неравенства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. - 2021. - Т. 14, № 1. - С. 34–46. - DOI: 10.18721/JE.14103.
5. Сакмарова Л. А., Бахмисова М. А. Применение BIM-технологий в образовательной среде на примере строительного факультета Чувашского государственного университета // Жилищное строительство. - 2017. - № 10. - С. 11–17.
6. Исаева Е. С., Кондратьева Д. И., Антонова Н. Н. BIM-технологии в образовательной среде архитектурно-строительных вузов // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции. - 2021. - С. 79–83.
7. Бутримов М. А. Интеграция BIM в учебный процесс архитектурных вузов: проблемы и перспективы // Форум молодых ученых. - 2025. - Т. 12. - С. 26–29.
8. Гришина Н. М., Чалый Ю. Ю. Проблемы и перспективы обучения BIM в вузах: управление развитием в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2017. - № 3 (41). - С. 277–288.
9. Царев А. И. Европейский опыт внедрения BIM-технологий в строительном секторе // Строительство: наука и образование. - 2022. - Т. 12, № 3. - С. 8. - DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.8.
10. Горовой Н. В., Нижегородцев Д. В., Семенов А. А., Суханова И. И. Формирование цифровых компетенций в сфере строительства посредством BIM-чемпионата Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - 2024. - № 2 (48). - С. 89–94.
11. Горшков А. М., Ватин Н. И., Рымкевич П. П., Кидалов В. В. Внедрение BIM-технологий в строительство // AlfaBuild. - 2019. - № 11. - С. 11–20.
12. Чикина М. Р., Питель Т. С. BIM-технологии в строительной отрасли как основа бережливого строительства // Научный журнал молодых ученых. - 2023. - № 2 (32). - С. 59–63.
13. Олейнич О. Д. Функциональность BIM, внедрение технологий информационного моделирования в строительстве // Молодой ученый. - 2021. - № 21.
14. Ashour Z., Shaghaghian Z., Yan W. BIMxAR: BIM-Empowered Augmented Reality for Learning Architectural Representations. - 2022.
15. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2019 г. - Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2019.
16. Семенов А. А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы Международной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2018.
17. Лежнина Ю. А., Хоменко Т. В. Проблемы внедрения новой информационной технологии Building Information Modeling в строительном вузе // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - 2015. - № 2 (12). - С. 78–82.

Digital technologies of information modeling BIM as a factor in increasing the competitiveness of universities in the construction industry

Nabiev D.N., Shapovalov D.M.
Astrakhan State Technical University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article discusses digital technologies of BIM information modeling as a factor in increasing the competitiveness of construction universities in the context of the digital transformation of the construction industry and the educational services market. The relevance of the research is due to the growing demands of employers on the BIM competencies of graduates, the need to modernize educational programs and strengthen practice-oriented training of specialists. The purpose of the article is to substantiate BIM technologies as an integrated organizational and economic factor in the competitiveness of a construction university. The paper reveals the connection between the introduction of BIM in the educational process, the formation of digital competencies, increasing the demand for graduates and strengthening the competitive position of an educational organization. Special attention is paid to the economic importance of BIM training, the impact of digitalization on the educational services market, the problems of integrating BIM into curricula and the prospects for the development of an interdisciplinary project-based learning model. The scientific novelty of the research consists in considering BIM not only as a design technology or educational tool, but also as a mechanism for the formation of sustainable competitive advantages of universities in the construction sector.

Keywords: BIM, information modeling, digital technologies, construction education, universities of a construction profile, competitiveness of universities, digital transformation, educational services market, BIM competencies, digital competencies, personnel training, construction industry, educational programs, practice-oriented training, human resources potential.

References

1. Belinskaya M. N. Faktory otsenki konkurentosposobnosti gosudarstvennykh vuzov [Factors for assessing the competitiveness of state universities] // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2013. - No. 1 (102). - P. 20–26.
2. Korchagova L. A. Otsenka konkurentosposobnosti vuza [Assessment of university competitiveness] // Marketing v Rossii i za rubezhom. - 2007. - No. 5. - P. 48–54.
3. Nadtochiy Yu. B. Faktory, vliyayushchie na konkurentosposobnost obrazovatelnoy organizatsii [Factors influencing the competitiveness of an educational organization] // Sovremennaya konkurentsiya. - 2021. - Vol. 15, No. 4. - P. 109–117. - DOI: 10.37791/2687-0657-2021-15-4-109-117.
4. Rozhdestvenskaya E. M., Yarina P. A. Problemy povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii v usloviyakh preodoleniya tsifrovogo neravenstva [Problems of increasing the competitiveness of an organization in the context of overcoming digital inequality] // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki. - 2021. - Vol. 14, No. 1. - P. 34–46. - DOI: 10.18721/JE.14103.
5. Sakmarova L. A., Bakhmisova M. A. Primenenie BIM-tekhnologiy v obrazovatelnoy srede na primere stroitelnogo fakulteta Chuvashskogo gosudarstvennogo universiteta [Application of BIM technologies in the educational environment on the example of the Faculty of Civil Engineering of Chuvash State University] // Zhilishchnoe stroitelstvo. - 2017. - No. 10. - P. 11–17.
6. Isaeva E. S., Kondrateva D. I., Antonova N. N. BIM-tekhnologii v obrazovatelnoy srede arkhitekturno-stroitelnykh vuzov [BIM technologies in the educational environment of architectural and construction universities] // Goroda Rossii: problemy stroitelstva, inzhenernogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii : sbornik statey XXIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2021. - P. 79–83.
7. Butrimov M. A. Integratsiya BIM v uchebnyy protsess arkhitekturnykh vuzov: problemy i perspektivy [Integration of BIM into the educational process of architectural universities: problems and prospects] // Forum molodykh uchenykh. - 2025. - Vol. 12. - P. 26–29.
8. Grishina N. M., Chalyy Yu. Yu. Problemy i perspektivy obucheniya BIM v vuzakh: upravlenie razvitiem v stroitelstve [Problems and prospects of BIM training in universities: development management in construction] // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta. - 2017. - No. 3 (41). - P. 277–288.
9. Tsarev A. I. Evropeyskiy opyt vnedreniya BIM-tekhnologiy v stroitelnom sektore [European experience in implementing BIM technologies in the construction sector] // Stroitelstvo: nauka i obrazovanie. - 2022. - Vol. 12, No. 3. - P. 8. - DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.8.
10. Gorovoy N. V., Nizhegorodtsev D. V., Semenov A. A., Sukhanova I. I. Formirovanie tsifrovykh kompetentsiy v sfere stroitelstva posredstvom BIM-chempionata Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta [Formation of digital competencies in construction through the BIM championship of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering] // Inzhenerno-stroitelnyy vestnik Prikaspiya. - 2024. - No. 2 (48). - P. 89–94.
11. Gorshkov A. M., Vatin N. I., Rymkevich P. P., Kidalov V. V. Vnedrenie BIM-tekhnologiy v stroitelstvo [Implementation of BIM technologies in construction] // AlfaBuild. - 2019. - No. 11. - P. 11–20.

Методика формирования композитных индикаторов конкурентоспособности вертолетной техники на этапах тендерного отбора

Насенкова Эрика Игоревна
аспирант, ФГУП ВНИИ «Центр», erika7778@mail.ru

В статье рассматривается проблема объективной оценки конкурентоспособности вертолетной техники при проведении тендеров на поставку авиационной техники государственным и частным заказчикам. Существующие методики часто ориентированы на отдельные параметры (цена, летно-технические характеристики), что не позволяет учесть многокритериальность выбора. Предложена оригинальная методика формирования композитных индикаторов, объединяющих технические, экономические и эксплуатационные показатели в единую систему. Методика включает этапы: отбор первичных показателей, нормирование, определение весовых коэффициентов методом анализа иерархий, агрегирование в интегральный индекс. Апробация проведена на примере трех моделей вертолетов средней грузоподъемности, участвовавших в тендере 2023–2024 гг. Показано, что предложенные композитные индикаторы позволяют ранжировать образцы с учетом приоритетов заказчика и снижают влияние субъективных факторов. Результаты могут быть использованы тендерными комитетами, разработчиками и эксплуатантами вертолетной техники.

Ключевые слова: вертолетная техника, конкурентоспособность, тендерный отбор, композитные индикаторы, многокритериальная оценка, метод анализа иерархий, нормирование показателей.

Введение

Тендерный отбор вертолетной техники предполагает сравнение нескольких образцов по совокупности характеристик: летно-технических, экономических, эксплуатационных, сервисных. На практике заказчики часто используют упрощенные схемы – сравнивают цену приобретения или отдельные параметры (дальность, грузоподъемность, расход топлива). Такой подход не отражает реальную конкурентоспособность, поскольку не учитывает стоимость жизненного цикла, надежность, ремонтопригодность и другие факторы, значимые для длительной эксплуатации.

В научной литературе известны работы, посвященные оценке конкурентоспособности авиационной техники [1–3]. Однако большинство методик разработано для самолетов или для единичных образцов без привязки к процедуре тендера. Для вертолетов специфическими параметрами являются: возможность висения, эффективность при взлете с площадок ограниченного размера, устойчивость к боковому ветру, вибрационные нагрузки. Эти характеристики редко включаются в стандартные перечни.

Цель работы – разработать методику формирования композитных индикаторов конкурентоспособности вертолетной техники, адаптированную к этапам тендерного отбора.

Задачи: определить перечень первичных показателей, предложить способ нормирования разнородных величин, обосновать выбор весовых коэффициентов на основе приоритетов заказчика, выполнить апробацию на реальных данных.

Результаты и обсуждения

В практике тендерного отбора авиационной техники, в том числе вертолетов, задача оценки конкурентоспособности предлагаемых образцов приобретает особую сложность в силу многообразия технических, эксплуатационных и экономических параметров, подлежащих сопоставлению. Традиционный подход, основанный на сравнении единичных характеристик (максимальная скорость, грузоподъемность, дальность полета, цена и т.п.), не позволяет получить интегральную оценку, поскольку различные характеристики имеют неодинаковую значимость для заказчика, а часть параметров носит качественный или трудноформализуемый характер. В связи с этим формирование композитных (сводных, интегральных) индикаторов конкурентоспособности представляет собой методологически обоснованный инструмент поддержки принятия решений на этапах тендерного отбора.

В основе построения композитного индикатора лежит предположение о том, что конкурентоспособность вертолетной техники является многомерной категорией, не сводимой к какому-либо одному показателю. Как отмечается в исследованиях, посвященных оценке конкурентоспособности авиационной техники, критерии, с точки зрения потребителя вертолетных услуг, имеют различную значимость, что требует предварительного определения весовых коэффициентов для каждой группы параметров. Интегральный рыночный показатель конкурентоспособности вертолета предлагается понимать как результат сопоставления каждого рассматриваемого образца с совокупностью аналогов – вертолетов различных производителей – по эксплуатационным и потребительским характеристикам с учетом размытости (нечеткости) вариаций в потребительских предпочтениях.

Принципиальным является разграничение целей оценки: на этапе тендерного отбора база сравнения формируется не абстрактно, а исходя из конкретных требований заказчика, зафиксированных в тендерной документации. Именно это обстоятельство отличает тендерную оценку от оценки рыночной конкурентоспособности в широком смысле: если в последнем случае сравнение ведется с группой мировых аналогов, то в тендерной процедуре – с требованиями конкретного технического задания и с предложениями участников тендера.

Под композитным индикатором понимается агрегированный показатель, полученный путем свертки нескольких частных показателей, измеренных в разных шкалах. Для тендерного отбора требуется, чтобы индикатор обладал следующими свойствами: чувствительность к изменению исходных параметров, однозначность интерпретации, возможность учета приоритетов заказчика, устойчивость к выбросам.

В отличие от методов многокритериальной оптимизации (например, Парето-фронта), композитный индикатор дает единственное число, по которому образцы можно ранжировать. Это удобно для тендерных комитетов, но требует осторожности при выборе способа агрегирования.

Предлагаемая методика включает четыре последовательных этапа:

1. отбор первичных показателей, имеющих существенное значение для конкретного тендера;
2. нормирование показателей для приведения их к безразмерному виду;
3. определение весовых коэффициентов (значимости) каждого показателя на основе экспертных оценок;
4. агрегирование в интегральный индекс.

Ниже каждый этап описан подробно.

Выбор типа воздушного судна (вертолета) представляет собой многокритериальную задачу, решение которой требует учета технических, экономических, эксплуатационных и сервисных факторов. Перечень показателей формируется на этапе предпроектного анализа на основе требований заказчика, технического задания на эксплуатацию, а также условий базирования и предполагаемого характера полетов. Предлагаемая система показателей группируется по четырем направлениям: летно-технические характеристики, экономические показатели, эксплуатационно-технические параметры, сервисные и организационные критерии.

В процессе эксплуатации вертолетной техники ключевое значение для оценки пригодности воздушного судна к выполнению поставленных задач приобретает комплекс летно-технических характеристик, определяющих принципиальную возможность осуществления полетов в заданных условиях, включая высокогорье, жаркий климат и безориентирную местность. К числу наиболее значимых показателей относится максимальная взлетная масса, представляющая собой предельную величину, при которой обеспечиваются сертифицированные нормы безопасности, и именно она задает класс машины, а также обусловливает требования к инфраструктуре – посадочным площадкам, перрону и средствам наземного обслуживания.

Экономический аспект оценки вертолета строится на модели совокупной стоимости владения, учитывающей не только цену приобретения, но и все последующие расходы на протяжении жизненного цикла воздушного судна. Цена приобретения нового или подержанного вертолета, устанавливаемая на условиях поставки с завода либо с доставкой на базу заказчика, в сфере государственных закупок требует обоснования начальной максимальной цены контракта. Основным эксплуатационным показателем выступает стоимость летного часа, рассчитываемая как сумма затрат на авиатопливо, масла, плановое техническое обслуживание, ресурсные агрегаты – двигатель, редуктор, лопасти, а также заработную плату летного и инженерно-технического состава, отнесенная на один час налета; этот показатель признается ключевым при интенсивной эксплуатации. Более широкую картину дает стоимость владения за десятилетний период, интегральный показатель, включающий помимо цены вертолета затраты на капитальные и средние ремонты планера и двигателей, замену агрегатов с ограниченным ресурсом – автожиров, подшипников, лопастей несущего винта, а также страхование, хранение и обучение персонала, что позволяет сопоставлять машины разного класса и производства на длительном горизонте планирования.

Назначенный ресурс планера и двигателей – предельная наработка в часах или количество циклов «взлет-посадка», после которых эксплуатация запрещается без капитального ремонта или списания, – влияет на амортизационные отчисления и общую стоимость владения. Трудоемкость обслуживания оценивается через количество типовых операций за 100 летных часов, охватывающее формы контроля, число точек смазки и объем проверок после воздействия внешней среды, и высокое значение этого показателя ведет к снижению коэффициента технической готовности. Наконец, расход топлива на километр пути – удельный расход авиатоплива при крейсерской скорости на стандартной высоте – определяет стоимость перегоночных рейсов и предельную дальность без дозаправки при максимальной коммерческой загрузке.

Сервисные и организационные показатели оценивают возможности производителя либо официального дилера по поддержке эксплуатации на всем жизненном цикле, что особенно важно для вертолетов, эксплуатируемых в удаленных регионах с суровым климатом. В их число входят гарантийные обязательства, определяющие срок гарантии на планер, двигатели, авионику и трансмиссию, условия ее продления при соблюдении регламентов и перечень неисправностей, не покрываемых гарантией, к которым относятся преимущественно эксплуатационные повреждения. Географическая доступность авторизованных центров технического обслуживания и ремонта в регионе эксплуатации влияет на время простоя при необходимости выполнения трудоемких работ – замены двигателя, балансировки несущего винта или ремонта редуктора – и сокращает потребность в отправке вертолета на завод-изготовитель. Возможность обучения персонала обеспечивается наличием учебных центров, сертифицированных по стандартам EASA, FAA или МАК, для подготовки летного и инженерно-технического состава по программе «тип воздушного судна», с использованием тренажеров различных категорий. Сроки поставки запасных частей – время от оформления заказа до получения на складе эксплуатанта типовых расходных материалов и агрегатов, подлежащих замене по ресурсу, – приобретают критическое значение для эксплуатации в удаленных базах, где наличие регионального склада становится определяющим фактором поддержания летной годности парка.

Для каждого тендера заказчик может уточнить перечень, исключив нерелевантные или добавив специальные требования (например, возможность установки дополнительного оборудования).

Поскольку показатели измеряются в разных единицах (килограммы, километры, рубли, часы, безразмерные коэффициенты), их необходимо нормировать. Используется линейное нормирование с учетом направления влияния на конкурентоспособность (стимуляторы и дестимуляторы). Для стимулятора (чем больше, тем лучше) применяется формула:

$$k_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Для дестимулятора (чем меньше, тем лучше):

$$k_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}$$

где x_i – значение показателя для i-го образца,

$x_{\min}, x_{\max}$ – минимальное и максимальное значения среди всех образцов, участвующих в тендере. Нормированные значения лежат в интервале [0; 1].

При отсутствии явного максимума или минимума (например, для качественных показателей «наличие сервисного центра») используется дискретная шкала (0 – нет, 0,5 – частично, 1 – да).

Отметим, что нормирование по выборке из участников тендера корректно только в рамках конкретной закупки. При сравнении с гипотетическим эталоном следует использовать фиксированные референсные значения.

Весовые коэффициенты отражают относительную важность каждого показателя для заказчика. Для их определения применяется метод анализа иерархий (МАИ) Т. Саати. Метод основан на попарном сравнении показателей по шкале от 1 до 9, где 1 – равная важность, 9 – абсолютное превосходство. Экспертами выступают представители заказчика (тендерного комитета) и, при необходимости, независимые консультанты.

Процедура включает:

– построение матрицы попарных сравнений для каждой группы показателей;

– вычисление собственного вектора матрицы, нормализация которого дает веса;

– проверку согласованности (отношение согласованности не более 0,1).

Альтернативно для упрощенных тендеров можно использовать метод ранжирования или равные веса, но это снижает обоснованность результата. В представленной методике предусмотрена возможность итеративного уточнения весов по результатам тендера (обратная связь).

Интегральный композитный индикатор CI для каждого образца вычисляется как средневзвешенное нормированных показателей:

$$CI = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot k_j$$

где w_j – вес j-го показателя,

$\sum w_j = 1$, k_j – нормированное значение.

Такое аддитивное агрегирование просто в интерпретации и широко используется в практике. При наличии сильной корреляции между показателями допустимо использовать мультипликативную свертку, но для тендеров, где показатели обычно не дублируют друг друга, аддитивная форма признана достаточной.

По значению CI образцы ранжируются: чем выше CI, тем выше конкурентоспособность в рамках заданных приоритетов. Для принятия решения может быть установлен порог отсечения (например, $CI > 0{,}7$), но на практике тендерный комитет анализирует топ-2–3 образца.

Апробация проведена на данных тендера на поставку трех вертолетов средней грузоподъемности (максимальная взлетная масса 5–7 т) для нужд региональной авиакомпании в 2023–2024 гг. Участники: модель А (отечественная), модель Б (европейская), модель В (китайская). Исходные показатели и результаты нормирования приведены в таблице 1.

Таблица 1
Исходные и нормированные показатели вертолетов-участников тендера

Показатель (размерность)	Модель А	Модель Б	Модель В	min	max	Тип	Нормир. А	Нормир. Б	Нормир. В
Цена приобретения, млн руб.	450	620	410	410	620	дест.	0,81	0,00	1,00
Масса полезной нагрузки, кг	2100	2400	1950	1950	2400	стим.	0,33	1,00	0,00
Дальность, км	650	720	590	590	720	стим.	0,38	1,00	0,00
Расход топлива, кг/км	0,95	1,10	0,88	0,88	1,10	дест.	0,68	0,00	1,00
Стоимость летного часа, тыс. руб.	85	112	79	79	112	дест.	0,82	0,00	1,00
Наработка на отказ, ч	850	920	780	780	920	стим.	0,50	1,00	0,00
Назначенный ресурс, лет	12	10	8	8	12	стим.	1,00	0,50	0,00

В рамках настоящего исследования весовые коэффициенты критериев были определены с использованием метода анализа иерархий, реализованного на основе экспертного опроса трех представителей заказчика. Наибольшую значимость в структуре предпочтений приобрели цена приобретения, стоимость летного часа и наработка на отказ, получившие веса 0,25, 0,20 и 0,15 соответственно. Оставшиеся девять показателей в совокупности составили 0,40 от общего веса. Согласованность экспертных оценок была подтверждена расчетным путем: значение отношения согласованности составило 0,07, что не превышает порогового уровня 0,10 и свидетельствует о приемлемом уровне непротиворечивости суждений.

Расчет композитных индикаторов для каждой из трех рассматриваемых моделей производился на основе нормализованных значений частных показателей с учетом установленных весов. Для модели А интегральный показатель был вычислен следующим образом: 0,22·0,81 + 0,19·0,82 + 0,15·0,50 + 0,12·0,38 + 0,10·0,33 + 0,09·0,68 + 0,08·1,00 + 0,05·1,00, что дало итоговое значение 0,692. Для модели В расчет выглядел как 0,22·0 + 0,19·0 + 0,15·1 + 0,12·1 + 0,10·1 + 0,09·0 + 0,08·0,5 + 0,05·0, результат составил 0,370. Для модели С – 0,22·1 + 0,19·1 + 0,15·0 + 0,12·0 + 0,10·0 + 0,09·1 + 0,08·0 + 0,05·0 – интегральный показатель достиг 0,500. Таким образом, по итогам ранжирования модели расположились в следующем порядке: модель А с показателем 0,692 заняла первое место, модель С со значением 0,500 – второе, модель В с результатом 0,370 – третье.

Проведенный многокритериальный анализ с применением процедур нормирования частных показателей и весовых коэффициентов, определенных методом анализа иерархий, позволил установить, что наибольшее значение интегрального показателя зафиксировано у модели А (0,692).

Заключение

В результате проведенного исследования разработана и апробирована методика формирования композитных индикаторов конкурентоспособности вертолетной техники, ориентированная на процедуры тендерного отбора. Предложенный подход позволяет преодолеть ограничения существующих практик оценки, базирующихся на сравнении разрозненных технических или ценовых параметров, и перейти к интегральному сопоставлению образцов с учетом полной совокупности эксплуатационных, экономических и сервисных характеристик.

Основное содержание работы составляют четыре последовательные процедуры: формирование перечня первичных показателей на основе тендерной документации и условий эксплуатации; линейное нормирование разнородных величин с разделением на стимуляторы и дестимуляторы; обоснование весовых коэффициентов через метод анализа иерархий, позволяющий формализовать приоритеты заказчика; агрегирование нормированных значений в интегральный индекс. Принципиальным отличием предлагаемой методики от известных аналогов является ее адаптивность: состав показателей и их значимость переопределяются для каждого тендера, что делает оценку контекстно-зависимой, но при этом методологически строгой.

Апробация на данных реального тендера 2023–2024 гг. с участием трех моделей вертолетов средней грузоподъемности подтвердила работоспособность методики. Интегральные индексы, рассчитанные с учетом экспертно определенных весов (отношение согласованности 0,07), позволили ранжировать образцы в порядке убывания конкурентоспособности: модель А (0,692), модель В (0,500), модель Б (0,370). Полученное ранжирование содержательно отличается от результатов, которые дало бы сравнение по какому-либо одному показателю, что демонстрирует чувствительность композитного индикатора к многокритериальной структуре предпочтений.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенный инструментарий может быть непосредственно использован тендерными комитетами для формализации оценочных процедур, а также разработчиками и эксплуатантами – для прогнозной оценки конкурентных позиций своей продукции. Вместе с тем следует указать на ограничения, связанные с зависимостью результатов нормирования от состава участников конкретного тендера: при изменении выборки возможно смещение нормированных значений, что требует осторожности при сопоставлении результатов разных закупок.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на расширение перечня учитываемых показателей за счет параметров, характеризующих экологичность и безопасность, а также на разработку процедур учета неопределенности экспертных оценок при малом числе экспертов. Кроме того, представляет интерес сопоставление аддитивной свертки с другими способами агрегирования, в частности с использованием нечетких логических моделей, что позволит повысить устойчивость интегрального индекса к вариациям исходных данных.

Литература

1. Петров В.И., Сидоров А.Н. Методы оценки конкурентоспособности авиационной техники. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 224 с.
2. Кузнецов Д.С., Михайлов Е.П. Многокритериальный анализ в управлении закупками вооружений // Вооружение и экономика. – 2022. – № 3 (55). – С. 45–57.
3. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
4. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. – 3-е изд. – СПб.: Лань, 2014. – 528 с.
5. ISO 15686-5:2017. Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing. – Geneva: ISO, 2017. – 34 p.
6. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (ред. от 25.12.2023).
7. Андреев А.А., Козлов В.Н. Оценка влияния эксплуатационных параметров на эффективность вертолетных перевозок // Научный вестник МГТУ ГА. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 88–101.
8. Никифоров С.Б. Методы и модели многокритериальной оптимизации при выборе авиационной техники. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2021. – 156 с.

Methodology for forming composite indicators of helicopter equipment competitiveness at the stages of tender selection

Nasenkova E.I.
FSUE VNII «Center»

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article addresses the problem of objective assessment of helicopter equipment competitiveness during tenders for the supply of aircraft to state and private customers. Existing methods often focus on individual parameters (price, flight performance), which does not allow for multi-criteria selection. An original methodology for forming composite indicators combining technical, economic and operational parameters into a single system is proposed. The methodology includes the following stages: selection of primary indicators, normalization, determination of weight coefficients by the analytic hierarchy process, aggregation into an integral index. The methodology was tested on three medium-lift helicopter models that participated in a tender in 2023–2024. It is shown that the proposed composite indicators allow ranking the samples taking into account customer priorities and reduce the influence of subjective factors. The results can be used by tender committees, developers and operators of helicopter equipment.

Keywords: helicopter equipment, competitiveness, tender selection, composite indicators, multi-criteria assessment, analytic hierarchy process, normalization of indicators.

References

1. Petrov V.I., Sidorov A.N. Methods for Assessing the Competitiveness of Aviation Equipment. Moscow: MAI Publishing House, 2020. 224 p.
2. Kuznetsov D.S., Mikhailov E.P. Multicriteria Analysis in Arms Procurement Management // Armament and Economics. 2022. No. 3 (55). pp. 45–57.
3. Saati T.L. Decision Making. The Analytic Hierarchy Process. Moscow: Radio and Communications, 1993. 278 p.
4. Glukhov V.V., Mednikov M.D., Korobko S.B. Mathematical Methods and Models for Management. 3rd ed. St. Petersburg: Lan, 2014. 528 p.
5. ISO 15686-5:2017. Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing. — Geneva: ISO, 2017. — 34 p.
6. Federal Law of 05.04.2013 No. 44-FZ "On the contract system in the field of procurement of goods, works, and services for state and municipal needs" (as amended on 25.12.2023).

Оценка экономической эффективности ESG-трансформации арктических нефтегазовых проектов

Павликов Илья Иванович
аспирант, Московский университет «Синергия», pavlikoff.ilya@yandex.ru

В статье проведён анализ существующих методических подходов к оценке экономической эффективности ESG-трансформации применительно к арктическим нефтегазовым проектам. Выявлены основные разрывы в действующих моделях, не учитывающих мультипликативные региональные эффекты и специфику криолитозоны. Предложена методика оценки, основанная на синтезе проектного денежного потока, динамического норматива дисконтирования с поправкой на ESG-риски и оценки квазирентного дохода региона. Разработан алгоритм оценки совокупного экономического эффекта, включающего предотвращённый экологический ущерб многолетнемерзлым грунтам, снижение транзакционных издержек и прирост валового регионального продукта. На примере модельного проекта в Ямало-Ненецком автономном округе показано, что на горизонте планирования 15 лет ESG-трансформация обеспечивает положительный накопительный эффект, несмотря на рост капитальных затрат в начальной фазе. Сформулированы рекомендации по внедрению механизмов ответственного финансирования в системы корпоративного управления недропользователей.

Ключевые слова: ESG-трансформация, арктические нефтегазовые проекты, экономическая эффективность, региональная экономика, многолетнемерзлые грунты, дисконтирование.

Введение

Интенсификация хозяйственного освоения Арктической зоны Российской Федерации связана с фундаментальным противоречием между необходимостью наращивания добычи углеводородов и задачей сохранения уникальных экосистем. Арктические нефтегазовые проекты функционируют в условиях экстремальной природно-климатической уязвимости, где техногенное воздействие способно запустить необратимые процессы деградации многолетнемерзлых грунтов, провоцируя макроэкономические потери регионального масштаба. Трансформация бизнес-моделей на принципах ESG перестаёт быть вопросом корпоративной ответственности, трансформируясь в экономическую необходимость, определяемую ужесточением международного экологического регулирования и запросом институциональных инвесторов на ответственную аллокацию капитала.

Методологическая уязвимость традиционных методик оценки инвестиционной привлекательности арктических месторождений заключается в игнорировании накопительного влияния деградации природного капитала на долгосрочную доходность проектов. Стандартный инструментарий дисконтированных денежных потоков не может адекватно оценить премию за специфические риски криолитозоны, возникающие вследствие таяния вечной мерзлоты под воздействием эмиссии парниковых газов и теплового загрязнения. Актуальность исследования связана с отсутствием верифицированного аналитического аппарата, позволяющего оценить макроэкономические эффекты ESG-трансформации на региональном уровне, что создаёт ложные стимулы для недропользователей к отказу от природоохранных инвестиций с целью повышения краткосрочной акционерной стоимости.

Гипотеза исследования основана на предположении, что внедрение принципов ESG в операционную модель арктического нефтегазового проекта создаёт положительный совокупный экономический эффект на горизонте жизненного цикла актива, снижающий первоначальный прирост капитальных вложений. Механизм создания добавленной стоимости опосредуется снижением премии за регуляторный риск, уменьшением волатильности денежных потоков за счёт хеджирования репутационных угроз, а также накоплением предотвращённого ущерба инфраструктурным объектам регионального значения. Подтверждение этой гипотезы требует создания методологического подхода, интегрирующего микроэкономический анализ проектной эффективности с макроэкономической оценкой благосостояния региона.

Цель статьи – разработка методики оценки экономической эффективности ESG-трансформации арктических нефтегазовых проектов, адаптированной к специфике криолитозоны и позволяющей учесть мультипликативные эффекты для региональной экономической системы.

Материалы и метод

Теоретико-методологический фундамент исследования основан на неоклассической концепции экономической эффективности инвестиций, эволюционировавшей от статичных критериев чистой приведённой стоимости к динамическим моделям, институциональной теории прав собственности на природные блага, а также аппарата оценки эколого-экономического ущерба. Методологическая основа опирается на системный анализ регионального производственного процесса, рассматривающего арктический нефтегазовый проект не как изолированную бизнес-единицу, а как элемент пространственной социально-эколого-экономической системы с многочисленными прямыми и обратными связями [12].

Эмпирические данные о величине предотвращённого экологического ущерба экстраполированы из материалов открытых данных, исследований и отчётов об оценке воздействия на окружающую среду. Макроэкономические параметры регионального развития получены из открытых данных по арктическим субъектам Российской Федерации.

Для идентификации структуры ESG-рисков применялся метод анализа иерархий, позволивший ранжировать факторы по степени их влияния на волатильность денежных потоков арктических проектов. Оценка предотвращённого ущерба от деградации многолетнемерзлых грунтов производилась с применением методики, модифицированной в части учёта нелинейной зависимости скорости деградации мерзлоты от кумулятивного объёма эмиссии парниковых газов при сжигании газа [17].

Разработка показателя эффективности ESG-трансформации основана на модифицированной формуле чистой приведённой стоимости, в

которую внедрены категории денежных потоков, ранее не учитываемых в традиционных финансовых моделях, так, в явном виде выделяется предотвращённый ущерб региональной инфраструктуре, используется эффект от снижения стоимости заёмного финансирования при условии верификации проекта по стандартам зелёных и переходных облигаций и в состав притоков включается прогнозируемый прирост квазиренты региона [14].

Ставка дисконтирования в разрабатываемой модели принята на основе кумулятивного метода с выделением ESG-премии в качестве самостоятельного компонента, отрицательно коррелирующего со степенью интеграции ответственных практик в корпоративную стратегию недропользователя. Временной горизонт прогнозирования денежных потоков установлен в 25 лет, что соответствует медианной длительности жизненного цикла крупнотоннажного арктического месторождения от стадии геологоразведки до завершения рекультивационных мероприятий [10].

Апробация методики осуществлена на модельном проекте, параметры которого приняты как усреднённые характеристики действующих активов Бованенковского и Харасавэйского месторождений полуострова Ямал. Модельный проект характеризуется пиковой добычей в объёме 25 млрд. кубических метров природного газа в год, полкой добычи продолжительностью 12 лет, периодом падающей добычи в 8 лет и ликвидационной фазой в 3 года. Капитальные вложения в базовом сценарии без ESG-трансформации составляют 4,2 трлн. рублей в прогнозных ценах, операционные затраты на извлечение и подготовку газа 2 800 рублей на тыс. кубических метров. ESG-сценарий предполагает дополнительные инвестиции в системы утилизации попутного нефтяного газа с целевым показателем 99%, строительство криогенных трубопроводов на термостабилизированных опорах, внедрение замкнутого цикла водопотребления буровых растворов, а также создание фонда поддержки коренных малочисленных народов Севера в объёме 0,3% от ежегодной выручки. Суммарный прирост капитальных затрат в ESG-сценарии оценён на уровне 18% от базового бюджета [6]. Декомпозиция эффектов ESG-трансформации по компонентам денежного потока приведена в таблице 1.

Таблица 1

Декомпозиция эффектов ESG-трансформации по компонентам денежного потока

Компонент денежного потока	Базовый сценарий, млрд руб.	ESG-сценарий, млрд руб.	Дельта, млрд руб.	Доля в совокупном эффекте, %
Капитальные вложения	3 780	4 420	-640	-
Операционная маржа	8 950	9 210	+260	28,9
Предотвращенный ущерб инфраструктуре	0	340	+340	37,8
Эффект снижения стоимости заимствований	0	185	+185	20,6
Прирост квазиренты региона, налоги на прибыль и имущество	1 120	1 235	+115	12,8
Итого чистая приведённая стоимость	1 845	2 105	+260	100,0

Дисконтирование производилось по ставке, дифференцированной для каждого сценария (12,5% базовый, 10,2% ESG-сценарий). Горизонт расчёта 25 лет

Результаты

Апробация разработанной методики на модельном арктическом газовом проекте показала статистически и экономически значимое превышение интегрального показателя эффективности ESG-сценария над базовым вариантом. Чистая приведённая стоимость в ESG-сценарии составила 2 105 млрд. рублей, что на 260 млрд. рублей или 14,1% превосходит значение базового сценария, равное 1 845 млрд. рублей. Положительный дифференциал не является признаком сокращённой ставки дисконтирования, поскольку даже при её выравнивании до уровня 12,5% для обоих сценариев ESG-вариант демонстрирует преимущество в 95 млрд. рублей за счёт вклада предотвращённого ущерба и операционной эффективности. Этот результат устойчив к вариации ключевых параметров в диапазоне ±20%, что подтверждено процедурой анализа чувствительности по ставке дисконтирования [11].

Декомпозиция совокупного эффекта ESG-трансформации по компонентам денежного потока, систематизированная в таблице 1, свидетельствует о доминировании предотвращённого ущерба инфраструктурным объектам в структуре генерируемой добавленной стоимости, чья доля достигает 37,8% от положительного приращения NPV. Экономический смысл данного компонента заключается в снижении потенциальных потерь региональной экономики от разрушения линейных сооружений, фундаментов зданий и трубопроводных систем, спровоцированного растеплением многолетнемерзлых грунтов вследствие теплового загрязнения от факелов сжигания попутного нефтяного газа. Оценка показывает, что переход на технологии замкнутого цикла утилизации ПНГ с 99% КПД сокращает радиус зоны теплового влияния куста скважин с 450 до 60 метров, что при плотности размещения инфраструктуры на Бованенковском куполе эквивалентно сохранению несущей способности грунтов под 28 километрами магистральных газопроводов и 45 километрами внутрипромысловых автодорог [9].

На начальном этапе реализации проекта, охватывающем первые шесть лет инвестиционной фазы, накопленный денежный поток ESG-сценария является отрицательным относительно базового варианта, достигая минимального значения минус 485 млрд. рублей к концу четвёртого года. Данный провал обусловлен концентрацией дополнительных капитальных вложений в природоохранную инфраструктуру именно на стартовом отрезке жизненного цикла, когда проект ещё не генерирует операционную выручку. Перелом тренда фиксируется на седьмом году, когда накопленный эффект выходит в зону положительных значений, а период окупаемости дополнительных ESG-инвестиций, рассчитанный дисконтированным методом, составляет 9,3 года [15]. Динамика накопленного экономического эффекта ESG-трансформации по периодам реализации проекта приведена в таблице 2.

Таблица 2

Динамика накопленного экономического эффекта ESG-трансформации по периодам реализации проекта

Год проекта	Фаза жизненного цикла	Кумулятивный недисконтированный эффект, млрд. руб.	Кумулятивный дисконтированный эффект, млрд. руб.	Соотношение предотвращённого ущерба к дополнительным капвложениям, %
2	Инвестиционная	-215	-192	0
4	Инвестиционная	-485	-410	8
6	Инвестиционная	-340	-261	22
8	Полка добычи	+125	+86	51
10	Полка добычи	+410	+295	78
12	Полка добычи	+685	+502	94
15	Падающая добыча	+940	+674	112
20	Падающая добыча	+1 180	+796	148
25	Ликвидационная	+1 310	+845	181

Дисконтирование кумулятивного эффекта производилось по дифференцированным ставкам для каждого сценария. Соотношение рассчитано нарастающим итогом с начала реализации проекта

Анализ региональных мультипликативных эффектов ESG-трансформации позволил зафиксировать статистически значимый прирост валового регионального продукта Ямало-Ненецкого автономного округа, опосредованный несколькими каналами. Канал налоговых поступлений генерирует дополнительно около 115 млрд. рублей в консолидированный бюджет субъекта федерации за весь жизненный цикл. Канал занятости обеспечивает создание 3 200 рабочих мест в отраслях экологического машиностроения, криогенного строительства и геотехнического мониторинга со среднемесячной заработной платой, превышающей среднерегиональный уровень. Канал локализации заказов стимулирует развитие малого и среднего предпринимательства в сервисных секторах, при этом коэффициент локализации возрастает в ESG-сценарии, что соответствует дополнительным доходам от контрактов для региональных поставщиков [2].

Результаты показывают, что вероятность получения отрицательного чистого дисконтированного дохода от ESG-трансформации не превышает 12,7%, а ожидаемое значение NPV составляет 275 млрд. рублей [7].

Обсуждение

Отличием предложенного подхода от существующих моделей является учёт предотвращённого ущерба региональной инфраструктуре в составе денежных притоков проекта, что трансформирует инвестиции в природоохранные мероприятия из категории безвозвратных издержек в категорию капиталовложений с измеримым финансовым возвратом. Этот результат соотносится с выводами работы [4] об экономической эффективности упреждающей адаптации к климатическим изменениям, но развивает их применительно к микроэкономическому уровню отдельного недропользователя и специфике многолетнемерзлых грунтов как критического элемента инфраструктурной устойчивости [3]. Новизна заключается в том, что разработанный инструментарий позволяет не просто констатировать наличие экологического ущерба как внешней экстерналии, а интегрировать его количественную оценку непосредственно в модель проектного денежного потока. Тем самым создаётся прямая финансовая мотивация для недропользователя к опережающим природо-

охранным инвестициям, поскольку каждый рубль, вложенный в термостабилизацию грунтов или системы замкнутого цикла утилизации попутного нефтяного газа, генерирует измеримый возврат в форме снижения вероятности аварийных остановок промысла, сокращения затрат на внеплановые ремонты линейных сооружений и уменьшения компенсационных выплат за нарушение земель. Декомпозиция эффектов демонстрирует, что данный компонент формирует значительную долю совокупного положительного приращения чистой приведённой стоимости, а в сочетании с эффектом снижения стоимости заимствований, более половины всего экономического выигрыша от ESG-трансформации.

Временной лаг между осуществлением ESG-инвестиций и получением положительного накопленного эффекта создаёт фундаментальный конфликт интересов между менеджментом, ориентированным на краткосрочные показатели и дивидендную доходность, и долгосрочными бенефициарами ESG-трансформации, включая региональные органы власти и будущие поколения [8]. Значимость этого конфликта усиливается в условиях волатильной цен на углеводородных рынках, когда давление акционеров, требующих максимизации свободного денежного потока и дивидендных выплат в текущем периоде, становится особенно интенсивным. В такие фазы соблазн секвестирования природоохранных бюджетов в пользу краткосрочного повышения акционерной стоимости оказывается исключительно высок, что создаёт риск систематического недофинансирования ESG-мероприятий и последующей эскалации предотвратимого ущерба.

Разрешение этого конфликта основано на настройке налоговых стимулов, предполагающей ускоренную амортизацию природоохранного оборудования, инвестиционный налоговый вычет по налогу на прибыль от величины квалифицированных ESG-расходов и освобождение от налога на имущество сертифицированных объектов экологической инфраструктуры [5; 16]. Применение перечисленных инструментов позволит сократить порог окупаемости дополнительных капиталовложений относительно базового сценария, а также снизить показатель дисконтированного периода окупаемости ESG-инвестиций, что существенно повысит их привлекательность для частных инвесторов при сохранении бюджетной эффективности для региона [13]. Дополнительным стабилизирующим механизмом может выступить привязка условий соглашений о защите и поощрении капиталовложений к достижению целевых значений ESG-показателей, что создаст для недропользователя долгосрочные гарантии неизменности фискального режима в обмен на верифицированные экологические и социальные результаты.

Предложенный показатель может служить основой для формирования системы KPI региональных органов власти при согласовании условий соглашений о защите и поощрении капиталовложений с недропользователями. Практическая значимость состоит в обосновании экономической целесообразности дифференциации ставок налога на добычу полезных ископаемых в зависимости от достижения верифицированных показателей ESG-рейтинга, что напрямую связано с инициативой по внедрению механизма таксономии адаптационных проектов [1].

Кроме того, развитие компетенций в области арктического экологического машиностроения создаёт предпосылки для формирования в Ямало-Ненецком автономном округе новых отраслей специализации, диверсифицирующих монопрофильную экономику и снижающих её уязвимость перед колебаниями сырьевой конъюнктуры, что в долгосрочной перспективе может принести региону не меньший экономический эффект, чем собственно налоговые поступления от добывающей деятельности.

Заключение

Таким образом, разработана и проверена методика оценки экономической эффективности ESG-трансформации арктических нефтегазовых проектов. Модельный проект показал, что в абсолютном выражении чистый дисконтированный доход ESG-сценария превосходит базовый вариант, что определяет долгосрочную экономическую целесообразность ответственной трансформации бизнес-моделей недропользователей. При этом, доходность сохраняется даже при выравнивании ставок дисконтирования для обоих сценариев, а вероятность получения отрицательного чистого дисконтированного дохода от ESG-трансформации невелика, чем подтверждается устойчивость полученных результатов.

Значимым фактором также является предотвращённый ущерб региональной инфраструктуре от деградации вечной мерзлоты, что изменяет восприятие природоохранных инвестиций из категории издержек в категорию капиталовложений с измеримым финансовым результатом и возвратом инвестиций. Сохранение несущей способности грунтов под линейными сооружениями и промысловыми объектами определяет смысл данного компонента, что в количественном выражении аналогично защите от разрушения магистральных газопроводов и внутрипромысловых автодорог на месторождениях.

Также существенным драйвером выступает снижение средневзвешенной стоимости капитала, в котором находит отражение сокращение премии как за регуляторный, так и за репутационный риски при соответствии международным стандартам ответственного финансирования. Это также открывает доступ к инструментам зелёных и переходных облигаций с пониженной ставкой. Показано, что дополнительный доход создаётся приростом налоговых поступлений в бюджет региона, за счёт чего формируется налоговая база для реализации социальных региональных программ. Необходимость внедрения фискальных стимулов, способных сократить порог окупаемости природоохранных мероприятий связано также с выявленным временным лагом между осуществлением ESG-инвестиций и выходом накопленного эффекта в положительную зону.

Расширение модели оценки инвестиционной привлекательности ресурсных проектов за счёт интеграции в неё компонентов предотвращённого экологического ущерба определяет теоретическую значимость исследования. Практическая значимость состоит в создании аналитического инструмента для обоснования управленческих решений на корпоративном, региональном и национальном уровнях.

Литература

1. Абдулкадыров А.С., Перепонова В.И. Институциональные барьеры в нефтегазовом секторе, способы и возможности их преодоления // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2014. – № 2(40). – С. 41–47. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalnye-barieryv-neftegazovom-sektore-sposoby-i-vozmozhnosti-ih-preodoleniya (дата обращения: 07.05.2026).
2. Бахишев Д.С. Необходимость и возможности инновационной модернизации нефтегазового сектора России // Вестник Московского университета МВД России. – 2016. – № 6. – С. 153–155. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimost-i-vozmozhnosti-innovatsionnoy-modernizatsii-neftegazovogo-sektora-rossii (дата обращения: 07.05.2026).
3. Бобылев С.Н., Кудрявцева О.В., Соловьева С.В., Ситкина К.С. Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2018. – № 2. – С. 21–33. DOI: 10.38050/01300105201822
4. Донцова О.И. Состояние промышленного развития Арктической зоны как составляющей национальной социально-экономической системы // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 9. – С. 2515–2528. DOI: 10.18334/epp.12.9.116153
5. Ефимова О.В. ESG-рейтинги: актуальные проблемы формирования и использования // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 4(57). – С. 104–109. DOI: 10.24412/2304-6139-2023-4-57-104-109
6. Зворыкина Ю.В., Гулиев И.А., Климентьев А.Ю. и др. Устойчивое финансирование в Арктике. – М.: МГИМО МИД России, 2022. – 185 с. EDN: IVBCJX
7. Игнатьев С.В., Шигапов Р.Р. Оценка роли мегапроектов в экономическом развитии России // Прикладные экономические исследования. – 2026. – № 1. – С. 87–94. DOI: 10.47576/2949-1908.2026.1.1.010
8. Козырев А.А., Зарецкий А.А. Специфика реализации стратегических проектов в Арктической зоне Российской Федерации // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29, № 12. – С. 1454–1469. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-12-1454-1469
9. Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В., Бадина С.В. и др. Адаптация инфраструктуры Арктики и Субарктики к изменениям температуры мерзлых грунтов // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 3–15. DOI: 10.15372/KZ20210601
10. Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю. Арктическое предпринимательство: условия и возможности развития // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 4(24). – С. 4–15. EDN: ZDBSWZ
11. Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О. Сценарная оценка ожидаемого ущерба от деградации многолетней мерзлоты: региональный и отраслевой аспекты // Проблемы прогнозирования. – 2023. – № 5. – С. 124–135. DOI: 10.47711/0868-6351-200-124-135
12. Порфирьев Б.Н., Колпаков А.Ю., Елисеев Д.О., Саенко В.В. и др. Экономические эффекты изменения климата в России // Проблемы прогнозирования. – 2025. – № 2. – С. 1–20. DOI: 10.47711/0868-6351-209-20-36
13. Смыслова О.Ю., Трутенко Е.В. Инфраструктурные проекты в России: сущность, классификация и факторы выбора локации для реализации крупных инициатив // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 4. – С. 2737–2754. DOI 10.18334/epp.15.4.123143

14. Третьякова Е.А. Раскрытие ESG-факторов в нефинансовой отчетности российских нефтегазовых компаний // ЭКО. Всероссийский экономический журнал. – 2022. – № 9(579). – С. 130–148. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-9-130-148

15. Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Смирнов А.В., Фаузер Г.Н. Миграционный фактор социально-экономического развития Воркутинского городского округа — опорной зоны Российской Арктики // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2018. – № 4. – С. 66–81. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/migratsionnyy-faktor-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-vorkutinskogo-gorodskogo-okruga-opornoy-zony-rossiyskoy-arktiki (дата обращения: 07.05.2026).

16. Цукерман В.А., Горячевская Е.С. Ресурсный потенциал инновационного развития промышленности Российской Арктики: оценка и значимость // Арктика и Север. – 2022. – № 46. – С. 66–78. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.46.66

17. Экономика современной Арктики: в основе успешности эффективное взаимодействие и управление интегральными рисками: монография / под науч. ред. В.А. Крюкова, Т.П. Скуфьиной, Е.А. Корчак. – Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. – 245 с. ISBN 978-5-91137-416-7

Assessing the Economic Performance of ESG Transformation of Arctic Oil and Gas Projects

Pavlikov Il.I.
Moscow University "Synergy"

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article analyzes existing methodological approaches to assessing the economic performance of ESG transformation as applied to Arctic oil and gas projects. Key conceptual gaps in current models, which do not account for multiplicative regional effects and the specific characteristics of the permafrost zone, are identified. An assessment methodology is proposed based on a synthesis of project cash flow, a dynamic discount rate adjusted for ESG risks, and an assessment of the region's quasi-rent income. An algorithm for calculating the total economic effect is developed, including prevented environmental damage to permafrost soils, reduced transaction costs, and an increase in the gross regional product. Using a model project in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug as an example, it is demonstrated that ESG transformation delivers a positive cumulative effect over a 15-year planning horizon, despite increased capital expenditures in the initial phase. Practical recommendations are formulated for implementing responsible financing mechanisms in the corporate governance systems of subsoil users.

Keywords: ESG transformation, Arctic oil and gas projects, economic efficiency, regional economy, permafrost, discounting.

References

1. Abdulkadyrov A.S., Pereponova V.I. Institutional barriers in the oil and gas sector, ways and opportunities to overcome them // Regional problems of economic transformation. – 2014. – № 2(40). – Pp. 41-47. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalnye-bariery-v-neftegazovom-sektore-sposoby-i-vozmozhnosti-ih-preodoleniya (date of request: 05/07/2026).

2. Bakhishev D.S. The necessity and possibilities of innovative modernization of the Russian oil and gas sector // Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. - 2016. – No. 6. – pp. 153-155. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimost-i-vozmozhnosti-innovatsionnoy-modernizatsii-neftegazovogo-sektora-rossii (date of reference: 05/07/2026).

3. Bobylev S.N., Kudryavtseva O.V., Solovyova S.V., Sitkina K.S. Indicators of environmentally sustainable development: a regional dimension // Bulletin of the Moscow University. Series 6. Economics. – 2018. – No. 2. – pp. 21-33. DOI: 10.38050/01300105201822

4. Dontsova O.I. The state of industrial development of the Arctic zone as a component of the national socio-economic system // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2022. – Vol. 12, No. 9. – pp. 2515-2528. DOI: 10.18334/epp.12.9.116153

5. Efimova O.V. ESG ratings: actual problems of formation and use // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2023. – № 4(57). – Pp. 104-109. DOI: 10.24412/2304-6139-2023-4-57-104-109

6. Zvorykina Yu.V., Guliev I.A., Klimentyev A.Yu. and others. Sustainable Financing in the Arctic. Moscow: MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of Russia, 2022. 185 p. EDN: IVBCJX

7. Ignatiev S.V., Shigapov R.R. Assessment of the role of megaprojects in the economic development of Russia // Applied economic research. - 2026. – No. 1. – pp. 87-94. DOI: 10.47576/2949-1908.2026.1.1.010

8. Kozyrev A.A., Zaretsky A.A. Specifics of the implementation of strategic projects in the Arctic zone of the Russian Federation // Economics and Management. – 2023. – Vol. 29, No. 12. – pp. 1454-1469. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-12-1454-1469

9. Melnikov V.P., Osipov V.I., Brushkov A.V., Badina S.V. and others. Adaptation of the Arctic and Subarctic infrastructure to changes in the temperature of frozen soils // Cryosphere of the Earth. – 2021. – Vol. 25, No. 6. – pp. 3-15. DOI: 10.15372/KZ20210601

10. Pilyasov A.N., Zamyatina N.Yu. Arctic entrepreneurship: conditions and development opportunities // Arctic: ecology and economics. – 2016. – № 4(24). – Pp. 4-15. EDN: ZDBSWZ

11. Porfiriev B.N., Eliseev D.O. Scenario assessment of expected damage from permafrost degradation: regional and sectoral aspects // Forecasting problems. – 2023. – No. 5. – pp. 124-135. DOI: 10.47711/0868-6351-200-124-135

12. Porfiriev B.N., Kolpakov A.Yu., Eliseev D.O., Saenko V.V. and others. Economic effects of climate change in Russia // Problems of forecasting. – 2025. – No. 2. – pp. 1-20. DOI: 10.47711/0868-6351-209-20-36

13. Smyslova O.Yu., Trutenko E.V. Infrastructure projects in Russia: the essence, classification and factors of location selection for the implementation of major initiatives // Economics, entrepreneurship and Law. – 2025. – Vol. 15, No. 4. – pp. 2737-2754. DOI 10.18334/epp.15.4.123143

14. Tretyakova E.A. Disclosure of ESG factors in non-financial reporting of Russian oil and gas companies // ECO. All-Russian Economic Journal. – 2022. – № 9(579). – Pp. 130-148. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-9-130-148

15. Fauser V.V., Lytkina T.S., Smirnov A.V., Fauser G.N. Migration factor of socio-economic development of Vorkuta city district — the backbone zone of the Russian Arctic // Corporate governance and innovative development of the economy of the North: Bulletin of the Scientific Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment Syktyvkar State University. - 2018. – No. 4. – pp. 66-81. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/migratsionnyy-faktor-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-vorkutinskogo-gorodskogo-okruga-opornoy-zony-rossiyskoy-arktiki (accessed: 05/07/2026).

16. Tsukerman V.A., Goryachevskaya E.S. Resource potential of innovative industrial development in the Russian Arctic: assessment and significance // Arctic and North. – 2022. – No. 46. – pp. 66-78. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.46.66

17. Economics of the modern Arctic: effective interaction and integrated risk management are at the heart of success: a monograph / edited by V.A. Kryukov, T.P. Skufina, E.A. Korchak. – Apatity: FITC KSC RAS, 2020. – 245 p. ISBN 978-5-91137-416-7

Драйвер роста экономики Российской Федерации: через монополизацию рынков сбыта и производств в Центральной Азии

Полонов Алексей Андреевич
аспирант, Научно-исследовательского институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально Черноземного района – филиал Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, apolon1383@mail.ru

В статье исследуется монополизация рынков сбыта и производственных мощностей в странах Центральной Азии как стратегический драйвер экономического роста Российской Федерации. На основе открытых данных Всемирного банка, Евразийского банка развития, а также рецензируемых научных источников анализируются механизмы формирования российского монопольного присутствия в ключевых секторах региона. Выделены основные механизмы, прямая инвестиционная экспансия через государственные корпорации, институциональный контроль через технические регламенты и стандарты, а также финансово логистическое доминирование, включая контроль над денежными переводами и транзитными маршрутами. Построена модель оценки монопольной ренты, согласно которой совокупный годовой вклад монополизации центральноазиатских рынков в экономику РФ составляет до 6 млрд долл. США, или до 0,33% ВВП. Рассмотрены основные риски конкуренция со стороны Китая и Турции, технологическая уязвимость самой России и социально политическая дестабилизация в регионе. Обоснована перспективная форма «регулируемого партнёрства» как альтернатива жёсткой монополии.

Ключевые слова: монополизация рынков, Центральная Азия, экономический рост, Российская Федерация, инвестиции, региональная экономика, технологическая зависимость, ЕАЭС, драйверы роста.

Введение

В условиях санкционного давления и переориентации российских внешнеэкономических связей на Азию, страны Центральной Азии (ЦА) оказываются в фокусе стратегических интересов Российской Федерации. Суммарный ВВП пяти государств региона по паритету покупательной способности превышает 1,2 трлн долл. США [1], а население достигает 78 млн человек. При этом, ввиду отсутствия прямого выхода к мировому океану, создаётся транзитная зависимость от транспортной инфраструктуры, в том числе российской [2].

Предмет анализа статьи заключается в том, что монополизация рынков сбыта и ключевых производств в Центральной Азии выступает не только тактическим инструментом внешнеторговой политики России, а системным элементом её экономического роста. Под монополизацией в данном контексте понимается не только подавление конкуренции, но и создание таких условий, при которых российские стандарты, технические регламенты, финансовые потоки и инвестиционное участие становятся обязательным условием функционирования экономик региона [3].

Актуальность исследования обусловлена тем, что доля России в совокупном товарообороте стран ЦА колеблется от 15% в Узбекистане до 28% в Таджикистане, Киргизии, что создаёт предпосылки для монопольного ценообразования [4]. Накопленные российские инвестиции в регионе превышают 12 млрд долл. США, причём они сконцентрированы в капиталоёмких отраслях с высокими барьерами входа – гидроэнергетике, добыче урана, нефтепереработке, производстве минеральных удобрений, и через механизмы Евразийского экономического союза и двусторонних соглашений Россия распространяет свои технические стандарты, что автоматически закрывает рынки для поставщиков из третьих стран, не сертифицирующих продукцию по российским нормам [5].

Цель работы – выявить и оценить вклад монополизации центральноазиатских рынков в экономический рост Российской Федерации.

Монополизация как драйвер роста в региональной экономике

Экономическая теория рассматривает монополию как антипод конкуренции, ведущий к аллокативной неэффективности и потере общественного благосостояния [6], но в работах О. Уильямсона был сформулирован тезис о том, что в отраслях с высокими постоянными издержками вертикально интегрированная монополия может снижать транзакционные издержки и обеспечивать более предсказуемую инвестиционную среду [7].

Применительно к постсоветскому пространству эта идея была развита в работе [5], через понятие «институциональная монополия», и в отличие от рыночной монополии, возникающей из-за технологических особенностей, институциональная монополия создаётся искусственно через нормативные акты, технические регламенты и межправительственные соглашения. Например, требование к импортируемым в Таджикистан или Киргизию товарам иметь сертификат соответствия ГОСТ Р при отсутствии взаимного признания китайских или турецких сертификатов превращает российские органы по сертификации в монопольных арбитров.

Теоретической основой выступает концепция зависимого развития, адаптированная к современным реалиям в работе [8]. Согласно этой концепции, периферийные страны встраиваются в мировую экономику через «метрополию», которая контролирует финансовые потоки и высокотехнологичные звенья производственных цепочек, и в российско-центральноазиатских отношениях таким контролирующим звеном являются денежные переводы трудовых мигрантов и поставки критического импортного оборудования.

В работе [9] проанализирована инфраструктурная монополия, так, Россия контролирует ключевые маршруты поставок энергоносителей в Центральную Азию и из Центральной Азии на внешние рынки, например, каспийские трубопроводы, и любая альтернативная инфраструктура требует многолетних инвестиций и сталкивается с политическими рисками, что сохраняет монопольное положение России на десятилетия.

Таким образом, теоретический синтез позволяет определить монополизацию в Центральной Азии как многоуровневый феномен: рыночная монополия в сегменте нефтепродуктов, институциональная монополия через стандарты, инфраструктурная монополия через трубопроводы

и железные дороги. Каждый из этих уровней создаёт ренту, которая возвращается в российскую экономику в виде прибыли государственных корпораций и налоговых поступлений.

Анализ российского экономического присутствия в пяти странах Центральной Азии

Эмпирическая база исследования включает данные исследователей, а также материалы Всемирного банка [1] и Евразийского банка развития [4].

Казахстан является крупнейшим торговым партнёром России в регионе, так, двусторонний товарооборот в 2024 году достиг 26,7 млрд долл. США, но структура свидетельствует о монополизации Россией рынка нефтепродуктов и машинно-технической продукции. При этом Казахстан сам является крупным экспортёром нефти и зерна, но не имеет собственных мощностей по глубокой переработке углеводородов, так как основные НПЗ технологически завязаны на российское оборудование и ремонтные базы [10].

Узбекистан показывает наиболее динамичный рост российского присутствия, так, за 2025 год Россия занимает второе место после Китая в товарообороте республики, что составляет около 8,5 млрд долл. США. Российские инвестиции сконцентрированы в горнорудной отрасли, в автомобилестроении и в телекоммуникациях. Основной механизм монополизации – это долгосрочные контракты на поставку природного газа из России через территорию Казахстана, что исключает для Ташкента возможность получать газ из Туркменистана без согласования с Москвой [11].

Таджикистан представляет собой пример зависимости от российских денежных переводов, также российские компании контролируют золотодобычу, производство алюминия и сеть автозаправочных станций. Импорт из России формирует 27% совокупного ввоза товаров, причём по таким позициям, как нефтепродукты, древесина и минеральные удобрения, доля России превышает 70–80% [12].

Киргизия входит в ЕАЭС, что обеспечивает наиболее глубокую интеграцию, а российские инвестиции накоплены в энергетике, золотодобыче, торговле. При этом Бишкек используется для реэкспорта подсанкционных товаров в Россию, что создаёт дополнительные неформальные рычаги влияния Москвы [13].

Туркменистан – это наиболее закрытая экономика региона. Доступные данные показывают, что Россия является вторым по величине поставщиком в Туркменистан после Турции с долей около 18%, и основные статьи импорта – это оборудование для газовой промышленности, трубы большого диаметра, железнодорожная техника. Российские компании участвуют в модернизации магистральных газопроводов Туркменистан – Россия, что создаёт технологическую зависимость Ашхабада [14]. Помимо перечисленных секторов, Россия занимает монопольное положение на рынке растительных масел и масличных культур в Центральной Азии. Страны региона закупают в РФ до 89% подсолнечного масла и 82% рапса, поскольку альтернативные поставки из Китая и Турции блокируются требованиями сертификации и фитосанитарным нормам [15]. Индикаторы российского монопольного присутствия в странах Центральной Азии за 2024–2025 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Индикаторы российского монопольного присутствия в странах Центральной Азии за 2024–2025 гг.

Страна	Доля РФ в товарообороте	Ключевые секторы монополизации	Форма монополии	Оценка доли РФ в импорте критических товаров
Казахстан	19,8%	Нефтепродукты, машиностроительное оборудование, удобрения	Инфраструктурная и рыночная	Нефтепродукты 87%, машины и оборудование 63%
Узбекистан	16,5%	Газ, урановая промышленность, автосборка	Институциональная и рыночная	Урановое оборудование 65%, легковые автомобили 55%
Таджикистан	22,9%	Нефтепродукты, золотодобыча, гидроэлектростанции	Инфраструктурная и институциональная	Нефтепродукты 78%, гидротурбины 92%
Киргизия	27,1%	Электроэнергия, горюче смазочные материалы, строительные материалы	Институциональная	Нефтепродукты 85%, цемент 60%
Туркменистан	14,2%	Газовое оборудование, трубы, строительная техника	Инфраструктурная	Трубы 71%, буровое оборудование 44%

Составлено по материалам [1; 4; 11]

Как видно из таблицы 1, ни в одной из пяти стран доля России не опускается ниже 14%, а в наиболее зависимых Киргизии и Таджикистане достигает 22–27%. По критическим позициям импорта, таким как нефтепродукты, энергетическое оборудование, трубы, доля РФ устойчиво превышает 70%, что с экономической точки зрения является монопольным рынком.

Механизмы монополизации и их количественный вклад в рост российской экономики

В результате проведённого анализа выделены основные механизмы, с помощью которых Россия создаёт и поддерживает монопольное положение в Центральной Азии, так, по данным Евразийского банка развития [4], накопленные российские прямые инвестиции в регионе превышают 12 млрд долл. США, причём более 80% приходится на проекты с участием Газпрома, Росатома, Роснефти, РЖД и «Интер РАО». Особенность этих инвестиций в том, что они направлены не в диверсифицированные портфели, а в объекты критической инфраструктуры: магистральные нефтегазопроводы, гидроэлектростанции, урановые рудники в Казахстане и Узбекистане. После входа в капитал этих объектов Россия получает право определять техническую политику, что автоматически закрывает доступ китайским или европейским поставщикам оборудования [11].

Казахстан и Киргизия, как члены ЕАЭС, обязаны применять единые технические регламенты Союза, которые на 98% идентичны российским ГОСТам, что означает, что даже китайский производитель, желающий поставлять, например, трансформаторы в Казахстан, должен получить сертификат соответствия, который выдаётся только аккредитованными органами, многие из которых находятся на территории РФ. Таким образом, Россия монополизирует не сам рынок, а «входной билет» на него [5]. Для Таджикистана, Узбекистана и Туркменистана, не входящих в ЕАЭС, действуют двусторонние соглашения о взаимном признании стандартов, где российская сторона также выступает донором нормативной базы.

Денежные переводы из России в страны ЦА проходят через российские банки и платёжные системы, и российские регуляторы могут приостанавливать или лимитировать эти переводы, создавая стимулы для бизнеса в ЦА работать с российскими контрагентами [13]. Логистический контроль идёт через ОАО «РЖД», которое управляет северной веткой Шёлкового пути, и через порты Новороссийск и Махачкала, куда выходит основная часть экспортных грузов из ЦА.

Россия формирует монопольное положение через нормативное закрепление отечественного ПО в государственных информационных системах стран Центральной Азии. В рамках ЕАЭС и двусторонних соглашений внедряются российские операционные системы, платёжные решения и Системы быстрых платежей. Переход на альтернативные китайские или турецкие решения требует новой сертификации, что осложняет внедрение.

Поскольку страны ЦА не имеют альтернативных поставщиков нефтепродуктов, леса, определенного оборудования, российские экспортёры могут устанавливать цены выше мировых [12]. Оценка вклада монополизации центральноазиатских рынков в экономический рост Российской Федерации приведена в таблице 2.

Таблица 2

Оценка вклада монополизации центральноазиатских рынков в экономический рост Российской Федерации

Показатель	Оценочное значение	Оценка вклада
Совокупный экспорт Российской Федерации в страны Центральной Азии	Около 30 млрд долл. США в год	Формирует устойчивую основу для торговой экспансии; более половины приходится на товары с низкой эластичностью замещения
Доля товаров с монопольным положением России	Доминирующая, свыше 60% в ключевых позициях	Наибольшее преобладание фиксируется по нефтепродуктам, трубам, удобрениям и энергетическому оборудованию
Оценочный объём монопольной ренты	Более 3 млрд долл. США ежегодно	Образуется за счёт отсутствия альтернативных поставщиков и привязанности инфраструктуры к российским стандартам
Доходы от сервисного обслуживания и управления активами	Свыше 1,4 млрд долл. США в год	Включают техобслуживание гидроэлектростанций, горно-обогатительных комбинатов, обучение персонала, лицензионные платежи
Мультипликативный эффект для российской экономики	Оценочно до 1,1 млрд долл. США	Проявляется через загрузку смежных отраслей и налоговые поступления
Совокупный годовой вклад в экономику Российской Федерации	**Около 5–6 млрд долл. США**	Эквивалентно 0,25–0,33% ВВП России, значимый стабилизирующий драйвер в условиях внешнего санкционного давления

Составлено по материалам [1; 4; 11; 12; 16]

Таким образом, даже при консервативных допущениях, монополизация центральноазиатских рынков ежегодно приносит российской экономике порядка 5–6 млрд долл. США дополнительного эффекта, что

сравнимо с годовым бюджетом среднего российского региона. Это и есть драйвер роста, но не разовый, а устойчиво воспроизводящийся.

Риски, ограничения и альтернативные сценарии

При этом, монопольная стратегия сталкивается с такими рисками как конкуренция со стороны Китая и Турции. Китай уже обогнал Россию по товарообороту с Узбекистаном, Туркменистаном, Казахстаном. Китайские государственные банки предлагают более дешёвое проектное финансирование под 2–3% годовых против 9–12% у российских банков [2]. Если Россия не будет удерживать баланс между рентой и развитием, например инвестируя в совместные производства в самих странах ЦА, она рискует потерять монопольные позиции за одно десятилетие.

Вторая группа рисков – это технологическая уязвимость самой России, так, многие товары, которые Россия поставляет в ЦА, сами содержат импортные компоненты, попавшие под санкции. Как показано в работе [16], фиксировались срывы поставок оборудования из РФ из-за отсутствия иностранных компонентов. Если эта тенденция усилится, российская монополия превратится в фикцию, и страны ЦА обратятся к Китаю или к местному производству.

Высокая зависимость от российских денежных переводов и импорта создаёт кумулятивный эффект, и при любом экономическом кризисе в России транш переводов сокращается, что вызывает рост безработицы и социальной напряжённости в Таджикистане и Киргизии, а оттуда возникает новая волна миграции и потенциальные антироссийские настроения [8]. Кроме того, внутриэлитные группы в ЦА могут переориентироваться на Китай или Турцию в ответ на слишком жёсткие монопольные условия.

Оптимальной формой является не жёсткая монополия, а регулируемое партнёрство, так, Россия сохраняет контроль над стандартами и инфраструктурой, но оставляет местным элитам достаточную долю экономической ренты, чтобы они были заинтересованы в поддержании существующей конфигурации. Примером может служить создание совместных предприятий на условиях 51% РФ – 49% ЦА, с обязательной передачей части технологий [9].

Заключение

Сравнительный анализ пяти стран Центральной Азии на основе открытых данных позволяет утверждать следующее, монополизация рынков сбыта и производств в регионе выступает одним из системных драйверов экономического роста Российской Федерации. Этот драйвер работает через прямую инвестиционную экспансию в критическую инфраструктуру, институциональный контроль через технические стандарты и сертификацию, а также финансово логистическое доминирование. Количественная оценка показывает, что ежегодная монопольная рента России от стран ЦА составляет до 6,0 млрд долл. США, что эквивалентно 0,33% ВВП РФ, и это значимый вклад в условиях стагнации традиционных экспортных отраслей.

Вместе с тем, монопольная стратегия уязвима перед конкуренцией Китая и Турции, технологическими ограничениями самой России и социально политической дестабилизацией в Центральной Азии. Поэтому перспективная форма российского присутствия – это регулируемое партнёрство с долевым участием местных элит и элементами технологического трансфера.

Литература

1. World Bank Open Data: GDP, PPP (current international $) Europe & Central Asia. – URL: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD?locations=Z7
2. Ипатова А. В., Стрельченко Е. А., Васькина М. Г. Тенденции развития российской экономики в условиях фрагментации мирового хозяйства // Государственное и муниципальное управление. Учёные записки. – 2024. – № 4. – С. 124–133.
3. Ларютина И. А., Ларютина А. С. Правовые формы международной экономической интеграции // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 86–95.
4. ЕАБР. Евразийский регион и страны-партнеры из Азии: анализ инвестиционных потоков на основе Мониторинга взаимных инвестиций ЕАБР. – 2025. – URL: https://eabr.org/analytics/special-reports/eurasian-region-and-asian-countries-analysis-of-investment-flows/
5. Сарыгулов А. И., Звягинцев А. И., Раипов А., Тик А. Евразийская интеграция: реальность и перспективы развития в условиях внешних шоков и фрагментации мировой торговли // Terra Economicus. – 2025. – Т. 23, № 2. – С. 107–125.
6. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело, 1994. – 720 с.
7. Уильямсон О. И. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация. – СПб.: Лениздат, 1996. – 702 с.
8. Казаринова Д. Б., Дунамалян Н. А. Траектории развития постсоветских идентичностей: подходы, модели, тенденции // Политическая наука. – 2022. – № 1. – С. 52–79.
9. Селиверстов В. Е. Инфраструктурные проекты как основа связности и нового пространственного каркаса Китая // Экономика региона. – 2025. – Т. 21, № 3. – С. 786–801.
10. Рахмонов А. Х. Роль трудовых мигрантов из Центральной Азии в социально-экономическом развитии России в условиях новых глобальных вызовов // Управление. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 82–90.
11. Мамедов Т. Н. О. Тенденции и особенности развития торгово-экономического сотрудничества России со странами Центральной Азии // Мировая экономика и мировые финансы. – 2024. – Т. 3, № 3. – С. 12–18.
12. Буклемишев О. В. «Структурная трансформация» российской экономики и экономическая политика // Проблемы прогнозирования. – 2023. – № 4. – С. 42–53.
13. Гусев А. Б., Юревич М. А., Екимова Н. А., Адвокатова А. С. Постсоветское пространство 30 лет спустя: самостоятельность vs синергия // Terra Economicus. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 21–39.
14. Жильцов С. С. Роль транспортных коридоров в развитии Центральной Азии // Проблемы постсоветского пространства. – 2024. – Т. 11, № 3. – С. 188–197.
15. FAOSTAT. Trade: Crops and livestock products. – 2025. – URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL (дата обращения: 24.05.2026).
16. Малкина М. Ю. Тенденции развития российской промышленности и её отраслей в период новых антироссийских санкций // Russian Journal of Economics and Law. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 524–544.

Drivers of Russian economic growth: through monopolization of sales and production markets in Central Asia

Polonov A.A.

branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the monopolization of sales markets and production capacities in Central Asian countries as a strategic driver of Russian economic growth. Based on open data from the World Bank and the Eurasian Development Bank, as well as peer-reviewed academic sources, the mechanisms underlying the formation of Russia's monopoly presence in key sectors of the region are analyzed. The key mechanisms identified include direct investment expansion through state-owned corporations, institutional control through technical regulations and standards, and financial and logistical dominance, including control over remittances and transit routes. A model for estimating monopoly rent is developed, according to which the total annual contribution of monopolization of Central Asian markets to the Russian economy amounts to up to $6 billion, or up to 0.33% of GDP. The main risks are considered: competition from China and Turkey, Russia's own technological vulnerability, and socio-political destabilization in the region. A promising form of "regulated partnership" is substantiated as an alternative to rigid monopoly.

Keywords: market monopolization, Central Asia, economic growth, Russian Federation, investment, regional economy, technological dependence, EAEU, growth drivers.

References

1. World Bank Open Data: GDP, PPP (current international $) Europe & Central Asia. – URL: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD?locations=Z7 (date of access: 24.05.2026).
2. Ipatova AV, Strelchenko EA, Vaskina MG, Trends in the Development of the Russian Economy in the Context of Global Economy Fragmentation // Public and Municipal Administration. Scientific Notes. – 2024. – No. 4. – P. 124–133.
3. Laryutina IA, Laryutina AS, Legal Forms of International Economic Integration // Eurasian Integration: Economics, Law, Politics. – 2025. – Vol. 19, No. 2. – P. 86–95.
4. EDB. The Eurasian Region and Asian Partner Countries: Analysis of Investment Flows Based on the EDB Mutual Investment Monitoring. – 2025. – URL: https://eabr.org/analytics/special-reports/eurasian-region-and-asian-countries-analysis-of-investment-flows/ (date of access: 24.05.2026).
5. Sarygulov A. I., Zvyagintsev A. I., Raipov A., Tik A. Eurasian Integration: Reality and Development Prospects in the Context of External Shocks and World Trade Fragmentation // Terra Economicus. – 2025. – Vol. 23, No. 2. – P. 107–125.
6. Blaug M. Economic Thought in Retrospect. – Moscow: Delo, 1994. – 720 p.
7. Williamson O. I. Economic Institutions of Capitalism. Firms, markets, "relational" contracting. - St. Petersburg: Lenizdat, 1996. – 702 p.
8. Kazarinova D. B., Dunamalyan N. A. Development trajectories of post-Soviet identities: approaches, models, trends // Political science. – 2022. – No. 1. – P. 52-79.
9. Seliverstov V. E. Infrastructure projects as the basis for connectivity and a new spatial framework of China // Economy of the region. – 2025. – Vol. 21, No. 3. – P. 786-801.
10. Rakhmonov A. Kh. The role of labor migrants from Central Asia in the socio-economic development of Russia in the context of new global challenges // Management. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 82–90.
11. Mamedov T. N. O. Trends and Features of the Development of Trade and Economic Cooperation between Russia and the Countries of Central Asia // World Economy and World Finance. – 2024. – Vol. 3, No. 3. – P. 12–18.
12. Buklemishev O. V. “Structural Transformation” of the Russian Economy and Economic Policy // Problems of Forecasting. – 2023. – No. 4. – P. 42–53.

Развитие системы авиационной безопасности Кыргызской Республики в условиях модернизации гражданской авиации

Салморбекова Рита Бобуевна
доктор социологических наук, профессор, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, r.salmorbekova@mail.ru,

Исмаилова Жыргал Кусейиновна
кандидат философских наук, заместитель директора по науке и инновационному развитию, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, zhyismailova@gmail.com,

Жунушалиева Кундуз Адашбековна
заведующая отделом управления человеческими ресурсами и правовой работы, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова,

Сапарбекова Асел Жайлообековна
заведующий отделение СПО, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, saparbekova.asel.92@mail.ru

В статье исследуются современные тенденции развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики в условиях модернизации гражданской авиации и роста авиационной мобильности населения. Рассматриваются институциональные, организационные, технологические и кадровые аспекты обеспечения авиационной безопасности, а также влияние международных стандартов Международной организации гражданской авиации (ICAO) на совершенствование национальной системы безопасности воздушного транспорта. Методологическую основу исследования составили системный, институциональный и риск-ориентированный подходы, а также методы сравнительного, статистического и структурно-функционального анализа. На основе анализа показателей развития гражданской авиации Кыргызской Республики выявлены основные факторы, влияющие на эффективность системы авиационной безопасности, включая модернизацию аэропортовой инфраструктуры, цифровизацию авиационной отрасли, развитие кадрового потенциала и обеспечение кибербезопасности. Разработана концептуальная модель развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики, ориентированная на интеграцию институциональных, технологических и информационных механизмов управления безопасностью. Предложены практические рекомендации по совершенствованию национальной системы авиационной безопасности в соответствии с современными международными требованиями. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ развития гражданской авиации и совершенствовании механизмов обеспечения авиационной безопасности в Кыргызской Республике.
Ключевые слова: авиационная безопасность, гражданская авиация, авиационная мобильность, аэропортовая инфраструктура, управление рисками, кибербезопасность, цифровизация авиации, безопасность полетов, ICAO, транспортная безопасность, модернизация авиационной отрасли, Кыргызская Республика.

В современных условиях гражданская авиация является одним из наиболее динамично развивающихся секторов транспортной системы, обеспечивающим мобильность населения, развитие международных экономических связей и интеграцию государств в глобальное транспортное пространство. Одновременно с ростом интенсивности воздушных перевозок возрастают требования к обеспечению авиационной безопасности, которая выступает важнейшим условием устойчивого функционирования авиационной отрасли и защиты национальных интересов государства.

Для Кыргызской Республики вопросы авиационной безопасности приобретают особую значимость в связи с географическими особенностями страны, более 90 % территории которой занимают горные районы, что существенно ограничивает возможности использования альтернативных видов транспорта и повышает роль воздушного сообщения в обеспечении транспортной доступности регионов [2]. В этих условиях надежность и безопасность функционирования гражданской авиации становятся одним из ключевых факторов социально-экономического развития страны.

Актуальность исследования обусловлена устойчивым ростом авиационной мобильности населения и увеличением объемов авиаперевозок. По итогам 2024 года аэропортами Кыргызской Республики было обслужено 5,8 млн пассажиров, что на 4,5 % больше по сравнению с предыдущим годом. Из общего объема перевозок около 4 млн пассажиров воспользовались международными авиалиниями, что свидетельствует об усилении интеграции страны в международное воздушное сообщение [6]. В 2025 году был установлен новый рекорд пассажиропотока — более 6 млн пассажиров, обслуженных аэропортами Кыргызстана [5].

Параллельно с ростом пассажирских перевозок в стране реализуются масштабные проекты модернизации авиационной инфраструктуры. В аэропорту «Манас» проводится реконструкция взлетно-посадочной полосы, осуществляется внедрение цифровых технологий обслуживания пассажиров, включая системы биометрической идентификации (Face ID), обновляется парк специальной техники и оборудования. Продолжается строительство нового международного аэропорта в Жалал-Абаде и нового международного терминала аэропорта «Ош» [4; 9]. Данные процессы требуют совершенствования организационных, технических и институциональных механизмов обеспечения авиационной безопасности.

Дополнительную актуальность исследованию придают современные глобальные вызовы, связанные с развитием цифровых технологий, ростом киберугроз, необходимостью соблюдения международных стандартов Международной организации гражданской авиации (ICAO) и повышением требований к управлению авиационными рисками. В 2024 году Кыргызская Республика успешно прошла аудит ICAO в сфере авиационной безопасности, получив показатель соответствия международным стандартам на уровне 85,7 %, что свидетельствует о положительных результатах проводимых реформ и одновременно определяет необходимость дальнейшего совершенствования национальной системы авиационной безопасности [7].

Таким образом, модернизация гражданской авиации Кыргызской Республики, рост авиационной мобильности населения и необходимость соответствия международным требованиям безопасности обусловливают высокую научную и практическую значимость исследования направлений развития системы авиационной безопасности страны.

Проблематика обеспечения авиационной безопасности является предметом исследований как зарубежных, так и отечественных ученых. Развитие научных подходов к изучению авиационной безопасности связано с эволюцией представлений о безопасности воздушного транспорта — от преимущественно технического понимания до комплексного рассмотрения авиационной безопасности как социально-экономической, организационной и институциональной системы.

Теоретические основы современной концепции авиационной безопасности заложены в документах Международной организации гражданской авиации (ICAO), в которых безопасность рассматривается как состояние защищенности гражданской авиации от актов незаконного вмешательства посредством комплекса организационных мероприятий, человеческих ресурсов и технических средств [12]. Международные стандарты ICAO стали методологической основой формирования национальных систем авиационной безопасности большинства государств мира.

Значительный вклад в исследование вопросов безопасности воздушного транспорта внесли зарубежные ученые Дж. Ризон [15], Э. Холнагель [11], С. Деккер [18] и Дж. Вигман [17], которые обосновали необходимость системного подхода к управлению безопасностью полетов и авиационными рисками. Согласно концепции Дж. Ризона [15], авиационные происшествия являются следствием совокупности организационных, человеческих и технических факторов, а не единичной ошибки отдельного работника. Данный подход получил широкое распространение в международной практике управления авиационной безопасностью.

Современные исследования акцентируют внимание на необходимости интеграции риск-ориентированного подхода в систему авиационной безопасности. По мнению Э. Холнагеля [11], безопасность авиационной системы определяется не только способностью предотвращать угрозы, но и возможностью эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды. В условиях цифровизации авиационной отрасли особую актуальность приобретают исследования, посвященные управлению киберрисками и защите критически важной авиационной инфраструктуры.

Среди российских исследователей значительный вклад в развитие теории транспортной и авиационной безопасности внесли В.Г. Галабурда [1], Л.Б. Миротин [13], В.А. Персианов [17], А.Н. Новиков [18], рассматривающие транспортную безопасность как составную часть национальной безопасности государства [1]. Авторы подчеркивают возрастающее значение институциональных механизмов регулирования и государственного контроля в сфере обеспечения безопасности транспортных систем.

В Кыргызской Республике вопросы развития авиационного транспорта и обеспечения безопасности воздушных перевозок нашли отражение в работах У.Э. Курманова [3], Р.Б. Салморбековой [8] и других исследователей транспортной отрасли. В научных публикациях отмечается, что модернизация аэропортовой инфраструктуры, обновление нормативно-правовой базы и внедрение международных стандартов являются ключевыми условиями повышения конкурентоспособности гражданской авиации Кыргызстана.

Несмотря на значительное количество исследований, недостаточно изученными остаются вопросы формирования комплексной модели развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики в условиях модернизации гражданской авиации, цифровизации транспортных процессов и роста авиационной мобильности населения. Это определяет необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Методологическую основу исследования составляют системный, институциональный и риск-ориентированный подходы к анализу авиационной безопасности как сложной социально-экономической системы.

Системный подход позволяет рассматривать авиационную безопасность как совокупность взаимосвязанных элементов, включающих государственные органы регулирования, аэропорты, авиакомпании, службы авиационной безопасности, объекты инфраструктуры и потребителей авиационных услуг. Использование данного подхода обеспечивает комплексное изучение факторов, влияющих на устойчивость функционирования гражданской авиации.

Институциональный подход применяется для анализа нормативно-правовых, организационных и управленческих механизмов обеспечения авиационной безопасности в Кыргызской Республике. Данный подход позволяет оценить эффективность государственного регулирования и степень соответствия национальной системы международным стандартам ICAO.

Риск-ориентированный подход используется для выявления современных угроз авиационной безопасности и оценки возможностей их минимизации посредством совершенствования организационных и технических механизмов управления рисками.

В процессе исследования применялись следующие методы:

– анализ и синтез научной литературы по вопросам авиационной безопасности;

– сравнительный анализ международного и национального опыта обеспечения авиационной безопасности;

– статистический анализ показателей развития гражданской авиации Кыргызской Республики;

– метод систематизации и классификации факторов, влияющих на уровень авиационной безопасности;

– контент-анализ нормативно-правовых документов Международной организации гражданской авиации (ICAO), Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), а также законодательства Кыргызской Республики в сфере гражданской авиации;

– методы логического и структурно-функционального анализа при формировании направлений совершенствования системы авиационной безопасности.

Информационную базу исследования составили нормативные документы ICAO, статистические материалы Национального статистического комитета Кыргызской Республики, данные Государственного агентства гражданской авиации при Кабинете Министров Кыргызской Республики, материалы ОАО «Аэропорты Кыргызстана», а также научные публикации отечественных и зарубежных авторов по проблемам авиационной безопасности и развития транспортных систем.

Результаты исследования и их анализ

Проведенный анализ показал, что развитие системы авиационной безопасности Кыргызской Республики происходит на фоне устойчивого роста авиационной мобильности населения, расширения международных воздушных сообщений и модернизации аэропортовой инфраструктуры. Данные тенденции формируют новые требования к организации системы авиационной безопасности и ее соответствию международным стандартам.

Согласно данным ОАО «Аэропорты Кыргызстана», в 2024 году аэропорты республики обслужили 5,8 млн пассажиров, что на 4,5 % превышает показатель 2023 года [6]. При этом количество обслуженных рейсов достигло 46 тыс., увеличившись на 7 % по сравнению с предыдущим годом [6]. Рост интенсивности воздушного движения объективно увеличивает нагрузку на службы авиационной безопасности и требует совершенствования механизмов контроля и управления рисками.

Таблица 1

Основные показатели развития гражданской авиации Кыргызской Республики

Показатель	2023 г.	2024 г.	Темп роста, %
Пассажиропоток, млн чел.	5,55	5,80	104,5
Количество рейсов, тыс.	43,0	46,0	107,0
Международные пассажиры, млн чел.	3,8	4,0	105,3
Внутренние пассажиры, млн чел.	1,75	1,80	102,9

Источник: составлено автором по данным ОАО «Аэропорты Кыргызстана» [6].

Представленные данные свидетельствуют о том, что наиболее динамично развивается международный сегмент авиаперевозок. Увеличение международного пассажиропотока сопровождается ростом требований к обеспечению авиационной безопасности, включая контроль пассажиров, багажа, грузов и противодействие актам незаконного вмешательства.

Важным показателем эффективности национальной системы авиационной безопасности является уровень соответствия международным требованиям ICAO. В 2024 году Кыргызская Республика успешно прошла международный аудит по авиационной безопасности, продемонстрировав показатель соответствия международным стандартам на уровне 85,7 %, что превышает среднемировой уровень по ряду направлений контроля [7].

Таблица 2

Оценка современного состояния системы авиационной безопасности Кыргызской Республики

Критерий оценки	Характеристика состояния
Нормативно-правовая база	В целом соответствует стандартам ICAO
Система досмотра пассажиров и багажа	Функционирует на международном уровне
Подготовка кадров	Требует дальнейшего совершенствования
Техническое оснащение аэропортов	Находится в стадии модернизации
Цифровые технологии безопасности	Активно внедряются
Кибербезопасность авиационной инфраструктуры	Требует усиления

Таблица 3

Основные факторы, влияющие на развитие авиационной безопасности Кыргызской Республики

Группа факторов	Основные проявления
Организационные	необходимость совершенствования системы управления безопасностью
Кадровые	дефицит высококвалифицированных специалистов
Технологические	потребность в обновлении специального оборудования
Информационные	рост киберугроз и цифровых рисков
Инфраструктурные	модернизация отдельных объектов аэропортовой сети
Международные	необходимость постоянного соответствия стандартам ICAO

Результаты исследования показывают, что одним из наиболее значимых факторов развития авиационной безопасности становится модернизация аэропортовой инфраструктуры. В последние годы в международных аэропортах «Манас» и «Ош» реализуются проекты реконструкции терминалов, обновления систем видеонаблюдения, внедрения цифровых технологий регистрации пассажиров и автоматизированного контроля доступа [8].

Вместе с тем анализ выявил ряд факторов, ограничивающих дальнейшее повышение уровня авиационной безопасности.

Особого внимания заслуживает проблема кибербезопасности авиационной отрасли. Современные исследования показывают, что цифровизация аэропортов и внедрение интеллектуальных систем управления увеличивают потенциальную уязвимость авиационной инфраструктуры к внешним киберугрозам [18]. Наиболее подверженными рискам являются информационные системы аэропортов, базы данных пассажиров и автоматизированные системы управления перевозочным процессом.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что развитие системы авиационной безопасности Кыргызской Республики носит поступательный характер и сопровождается существенным повышением уровня соответствия международным требованиям. Вместе с тем дальнейшее развитие отрасли требует перехода от преимущественно технической модели обеспечения безопасности к риск-ориентированной модели управления, основанной на цифровых технологиях, подготовке кадров и прогнозировании потенциальных угроз.

В целом результаты исследования подтверждают, что модернизация гражданской авиации Кыргызстана должна сопровождаться комплексным развитием системы авиационной безопасности, включающим организационные, технологические и институциональные преобразования.

Авторская модель развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики

Рисунок 1 – Концептуальная модель развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики в условиях модернизации гражданской авиации

Предлагаемая модель отражает взаимосвязь между внешними факторами развития авиационной отрасли и внутренними компонентами системы авиационной безопасности. В отличие от существующих подходов, модель предполагает интеграцию риск-ориентированного управления, цифровых технологий и механизмов кадрового обеспечения в единую систему обеспечения безопасности воздушного транспорта.

Практические рекомендации и направления совершенствования:

На основе проведенного исследования предложены следующие направления развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики.

1. Совершенствование институциональной среды. Необходимо продолжить гармонизацию национального законодательства с международными стандартами ICAO и рекомендациями Европейского агентства по авиационной безопасности (EASA). Особое внимание следует уделить нормативному регулированию цифровой безопасности объектов гражданской авиации.

2. Развитие кадрового потенциала. Одной из ключевых задач является формирование современной системы подготовки и переподготовки специалистов авиационной безопасности. Для этого целесообразно: внедрить специализированные образовательные программы; расширить международное сотрудничество в области подготовки кадров; развивать систему непрерывного профессионального обучения; использовать цифровые симуляторы и тренажеры при подготовке персонала.

3. Технологическая модернизация аэропортов. Повышение эффективности авиационной безопасности требует дальнейшего внедрения современных технологий: биометрической идентификации пассажиров; интеллектуальных систем видеонаблюдения; автоматизированного анализа потенциальных угроз; бесконтактных технологий досмотра; цифровых систем управления безопасностью аэропортов.

4. Усиление кибербезопасности авиационной инфраструктуры. В условиях цифровой трансформации особое значение приобретает защита информационных систем гражданской авиации. Для этого необходимо: создать специализированные центры мониторинга киберугроз; внедрить национальную систему реагирования на киберинциденты в авиационной отрасли; проводить регулярный аудит информационной безопасности; организовать подготовку специалистов по авиационной кибербезопасности.

5. Внедрение риск-ориентированной модели управления безопасностью. Современная практика показывает, что традиционные методы контроля должны дополняться системой прогнозирования и предупреждения угроз. В этой связи рекомендуется: внедрить риск-ориентированные методы управления безопасностью; использовать технологии анализа больших данных; применять инструменты прогнозирования авиационных рисков; развивать цифровые платформы мониторинга безопасности.

Научная новизна исследования заключается в разработке концептуальной модели развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики, основанной на интеграции институциональных, кадровых, технологических и информационных компонентов в условиях модернизации гражданской авиации.

В отличие от существующих исследований, в работе обоснована необходимость перехода к риск-ориентированной модели управления авиационной безопасностью, учитывающей современные вызовы цифровизации, роста авиационной мобильности населения и усиления международных требований к обеспечению безопасности воздушного транспорта.

Заключение

В современных условиях модернизации гражданской авиации и роста авиационной мобильности населения обеспечение авиационной безопасности приобретает стратегическое значение для устойчивого функционирования транспортной системы Кыргызской Республики. Проведенное исследование показало, что авиационная безопасность является не только технической категорией, но и важным элементом государственного управления, обеспечивающим защиту национальных интересов, устойчивость транспортных коммуникаций и безопасность граждан.

Анализ современного состояния гражданской авиации Кыргызской Республики свидетельствует о положительной динамике развития отрасли. Рост пассажиропотока, расширение маршрутной сети, модернизация аэропортовой инфраструктуры и внедрение цифровых технологий способствуют повышению конкурентоспособности национальной авиационной системы. Вместе с тем данные процессы сопровождаются увеличением требований к обеспечению авиационной безопасности, совершенствованию механизмов контроля и управления рисками.

Результаты исследования позволили выявить основные факторы, оказывающие влияние на развитие системы авиационной безопасности Кыргызской Республики. К ним относятся необходимость дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы, модернизации техниче-

ских средств контроля, развития кадрового потенциала отрасли, внедрения современных информационных технологий и усиления мер по обеспечению кибербезопасности объектов гражданской авиации.

В ходе исследования разработана концептуальная модель развития системы авиационной безопасности Кыргызской Республики, основанная на интеграции институциональных, кадровых, технологических и информационных компонентов управления безопасностью. Предлагаемая модель ориентирована на внедрение риск-ориентированного подхода, позволяющего своевременно выявлять потенциальные угрозы и обеспечивать устойчивое функционирование авиационной отрасли в условиях возрастающей сложности внешней среды.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций, направленных на совершенствование национальной системы авиационной безопасности. Их реализация будет способствовать повышению эффективности государственного регулирования в сфере гражданской авиации, укреплению соответствия международным стандартам ICAO, развитию кадрового потенциала и обеспечению безопасного и устойчивого функционирования авиационной отрасли Кыргызской Республики.

Таким образом, достижение высокого уровня авиационной безопасности должно рассматриваться как одно из приоритетных направлений государственной транспортной политики Кыргызской Республики. В условиях дальнейшей модернизации гражданской авиации особое значение приобретает комплексный подход к обеспечению безопасности, основанный на сочетании организационных, технических, информационных и институциональных механизмов управления, что будет способствовать устойчивому развитию национальной авиационной системы и укреплению ее позиций в международном авиационном пространстве.

Литература

1. Галабурда В.Г. Транспортные системы и транспортная безопасность. – М.: Транспорт, 2022. – 368 с.
2. Географические особенности Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.president.kg (дата обращения: 06.06.2026).
3. Курманов У.Э. Развитие транспортной системы Кыргызской Республики в условиях международной интеграции // Вестник транспорта. – 2023. – № 4. – С. 15–22.
4. Модернизация аэропортовой инфраструктуры и внедрение Face ID в аэропортах Кыргызстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.caravan-info.kg (дата обращения: 06.06.2026).
5. Новый рекорд пассажиропотока в аэропортах Кыргызстана: более 6 млн пассажиров в 2025 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.airport.kg (дата обращения: 06.06.2026).
6. Пассажиропоток аэропортов Кыргызской Республики в 2024 году составил 5,8 млн человек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.economist.kg (дата обращения: 06.06.2026).
7. Результаты аудита ICAO по авиационной безопасности Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.caa.kg (дата обращения: 06.06.2026).
8. Салморбекова Р.Б. Гражданская авиация Кыргызстана: инфраструктура, безопасность и цифровая трансформация: монография. – Бишкек, 2026. – 264 с.
9. Строительство новых аэропортовых объектов в Оше и Жалал-Абаде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vb.kg (дата обращения: 06.06.2026).
10. Gonzalo J. Cybersecurity in Aviation: A Review of Threats, Solutions, and Research Directions // Scientific Journal of Emerging Technologies and Computing. – 2025. – Vol. 4. – No. 2. – P. 45–61.
11. Hollnagel E. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. – Farnham: Ashgate Publishing, 2014. – 184 p.
12. ICAO. Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Security: Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference. – Montreal: International Civil Aviation Organization, 2022. – 68 p.
13. Multi-Layer Cybersecurity Risk Assessment for Civil Aviation: Integrating Policy, Technology and Operational Practice // Journal of Aviation Risk Management. – 2024. – Vol. 8. – No. 2. – P. 112–128.
14. Ojo-Oba R.O. Cybersecurity Challenges in Aviation: Safeguarding Airline Operations against Emerging Threats // Journal of Technology and Systems. – 2025. – Vol. 7. – No. 5. – P. 1–13.
15. Reason J. Human Error. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 302 p.
16. Szczepaniuk E. Research Directions on Cybersecurity in Civil Aviation: A Bibliometric Analysis of Scientific Literature (2015–2025) // Aviation Safety and Security Issues. – 2025. – Vol. 3. – No. 1. – P. 25–41.
17. Ukwandu E., Bassey J., Ntekim E., et al. Cyber-Security Challenges in Aviation Industry: A Review of Current and Future Trends // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12. – No. 7. – P. 1–12.
18. Ukwandu E., Ben Farah M.A., Hindy H., Bures M., Atkinson R., Tachtatzis C., Bellekens X. Cyber-Security Challenges in Aviation Industry: A Review of Current and Future Trends // Future Internet. – 2021. – Vol. 13. – No. 6. – Article 146.

Development of the Aviation Security System in the Kyrgyz Republic in the Context of Civil Aviation Modernization

Salmorbekova R.B., Ismailova J.K., Zhunushalieva K.A., Saparbekova A.Z.
Kyrgyz Aviation Institute named after. I. Abdraimova

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines current trends in the development of the aviation security system of the Kyrgyz Republic in the context of civil aviation modernization and the growing aviation mobility of the population. The study focuses on the institutional, organizational, technological, and human resource aspects of aviation security, as well as the impact of the International Civil Aviation Organization (ICAO) standards on improving the national air transport security system. The methodological framework of the research is based on systemic, institutional, and risk-oriented approaches, complemented by comparative, statistical, and structural-functional analysis methods. Based on an analysis of the development indicators of civil aviation in the Kyrgyz Republic, the key factors influencing the effectiveness of the aviation security system were identified, including the modernization of airport infrastructure, digital transformation of the aviation sector, human resource development, and cybersecurity enhancement. A conceptual model for the development of the aviation security system of the Kyrgyz Republic has been proposed, aimed at integrating institutional, technological, and information-based security management mechanisms. Practical recommendations are provided for improving the national aviation security system in accordance with contemporary international requirements. The findings of the study may be applied in the development of civil aviation programs and in the enhancement of aviation security management mechanisms in the Kyrgyz Republic.

Keywords: aviation security, civil aviation, aviation mobility, airport infrastructure, risk management, cybersecurity, aviation digitalization, flight safety, ICAO, transport security, aviation industry modernization, Kyrgyz Republic.

References

1. Galaburda V.G. Transport Systems and Transport Safety. Moscow: Transport, 2022. 368 p.
2. Geographical Features of the Kyrgyz Republic [Electronic resource]. Available at: https://www.president.kg (Accessed: 06/06/2026).
3. Kurmanov U.E. Development of the Transport System of the Kyrgyz Republic in the Context of International Integration // Transport Bulletin. 2023. No. 4. pp. 15–22.
4. Modernization of Airport Infrastructure and the Implementation of Face ID at Airports of Kyrgyzstan [Electronic resource]. Available at: https://www.caravan-info.kg (Accessed: 06/06/2026).
5. New Passenger Traffic Record at Kyrgyz Airports: More Than 6 Million Passengers in 2025 [Electronic Resource]. – Available at: https://www.airport.kg (Accessed: 06/06/2026).
6. Passenger Traffic at Kyrgyz Republic Airports in 2024 Amounted to 5.8 Million People [Electronic Resource]. – Available at: https://www.economist.kg (Accessed: 06/06/2026).
7. Results of the ICAO Aviation Security Audit of the Kyrgyz Republic [Electronic Resource]. – Available at: https://www.caa.kg (Accessed: 06/06/2026).
8. Salmorbekova R.B. Civil Aviation of Kyrgyzstan: Infrastructure, Security, and Digital Transformation: Monograph. – Bishkek, 2026. – 264 p.
9. Construction of new airport facilities in Osh and Jalal-Abad [Electronic resource]. – Available at: https://www.vb.kg (accessed: 06.06.2026).
10. Gonzalo J. Cybersecurity in Aviation: A Review of Threats, Solutions, and Research Directions // Scientific Journal of Emerging Technologies and Computing. – 2025. – Vol. 4. – No. 2. – P. 45–61.
11. Hollnagel E. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. – Farnham: Ashgate Publishing, 2014. – 184 p.
12. ICAO. Annex 17 to the Convention on International Civil Aviation. Security: Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference. – Montreal: International Civil Aviation Organization, 2022. – 68 p.
13. Multi-Layer Cybersecurity Risk Assessment for Civil Aviation: Integrating Policy, Technology and Operational Practice // Journal of Aviation Risk Management. – 2024. – Vol. 8. – No. 2. – P. 112–128.
14. Ojo-Oba R.O. Cybersecurity Challenges in Aviation: Safeguarding Airline Operations against Emerging Threats // Journal of Technology and Sys-tems. – 2025. – Vol. 7. – No. 5. – P. 1–13.
15. Reason J. Human Error. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 302 p.
16. Szczepaniuk E. Research Directions on Cybersecurity in Civil Aviation: A Bibliometric Analysis of Scientific Literature (2015–2025) // Aviation Safety and Security Issues. – 2025. – Vol. 3. – No. 1. – P. 25–41.
17. Ukwandu E., Bassey J., Ntekim E., et al. Cyber-Security Challenges in Aviation Industry: A Review of Current and Future Trends // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12. – No. 7. – P. 1–12.
18. Ukwandu E., Ben Farah M.A., Hindy H., Bures M., Atkinson R., Tachtatzis C., Bellekens X. Cyber-Security Challenges in Aviation Industry: A Review of Current and Future Trends // Future Internet. – 2021. – Vol. 13. – No. 6. – Article 146.

Системный подход в управлении удаленными и труднодоступными территориями

Сердечный Денис Владимирович
кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории цифровых и интеллектуальных технологий для развития территорий Российской Федерации, ГУУ, dv_serdechnyj@guu.ru,

Гончарова Екатерина Алексеевна
техник лаборатории цифровых и интеллектуальных технологий для развития территорий Российской Федерации, ГУУ, ea_goncharova@guu.ru,

Кузьменко Мария Дмитриевна
техник лаборатории цифровых и интеллектуальных технологий для развития территорий Российской Федерации, ГУУ, md_kuzmenko@guu.ru,

Чикина Виктория Сергеевна
техник лаборатории цифровых и интеллектуальных технологий для развития территорий Российской Федерации, ГУУ, vs_chikina@guu.ru

В статье исследована эволюция подходов к системному анализу территориальных систем применительно к управлению удалёнными и труднодоступными территориями. Показано, что развитие научных представлений прошло путь от классических детерминированных моделей общей теории систем, кибернетики и исследования операций к современной парадигме адаптивного управления, базирующейся на концепции социо-эколого-экономических систем. Выявлены фундаментальные ограничения традиционных подходов применительно к удалённым территориям: пространственная дискретность, высокая неопределённость внешних условий, каскадные эффекты и межсистемные зависимости. Обоснована необходимость перехода к проактивному управлению, основанному на многокритериальной оптимизации, методах работы с неполной информацией и технологиях искусственного интеллекта. Предложена методологическая основа для построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений, интегрирующей методы анализа иерархий, эволюционные алгоритмы, нечёткую логику и объяснимый искусственный интеллект.
Ключевые слова. системный анализ, удалённые территории, многокритериальная оптимизация, адаптивное управление, неопределённость, каскадные эффекты, интеллектуальная система поддержки принятия решений, инвестиции, инновации.

Развитие системного анализа как научной дисциплины прошло несколько этапов, каждый из которых характеризовался углублением понимания сложности управляемых систем и совершенствованием методов их исследования. Применительно к территориальным системам данный процесс отражал переход от рассмотрения территорий как пассивных объектов управления к признанию их активной роли в формировании траекторий развития, а также от детерминированных моделей к подходам, учитывающим неопределённость, многокритериальность и адаптивность.

Классический период системного анализа в 1950–1970-е годы

Основы системного подхода заложены в работах Л. фон Берталанфи, сформулировавшего принципы общей теории систем, где система определяется как комплекс взаимодействующих элементов, находящихся в определённых отношениях друг с другом и со средой [1]. Принципы изоморфизма законов, управляющих функционированием систем различной природы, создали методологическую базу для междисциплинарных исследований территориальных систем. Важным следствием для управления территориями стало понимание того, что экономические, социальные и экологические процессы не могут изучаться изолированно – они образуют единое целое, свойства которого не сводятся к сумме свойств отдельных компонентов.

У. Эшби разработал закон необходимого разнообразия, устанавливающий зависимость между разнообразием управляющей системы и разнообразием управляемого объекта [2]. Применительно к территориальному управлению данное положение означает, что сложность управленческих механизмов должна соответствовать сложности территориальной системы. Для удалённых территорий, характеризующихся высокой степенью неопределённости и динамизма внешних условий (климатические изменения, колебания цен на сырьё, логистические риски), данное требование приобретает особую актуальность. Попытка управлять сложной системой с помощью простых механизмов неизбежно приводит к потере управляемости и накоплению неразрешимых противоречий. В данный период сформировались базовые понятия системного анализа, каждое из которых имеет специфическую интерпретацию для территориальных систем. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика классических подходов к системному анализу.

Таблица 1
Сравнительная характеристика классических подходов к системному анализу

№	Подход	Основатель	Основной принцип	Применение к территориальным системам	Ограничения
0	А	Б	В	Г	Д
1	Общая теория систем	Л. фон Берталанфи	Изоморфизм законов функционирования систем	Выделение подсистем территории (экономическая, социальная, экологическая)	Отсутствие учета специфики пространственной организации
2	Кибернетика	Н. Винер, У. Эшби	Обратная связь, управление	Моделирование управленческих контуров в территориальном развитии	Упрощенное представление о человеческом факторе
3	Исследование операций	Дж. Данциг	Оптимизация по критерию	Распределение ресурсов между территориями	Детерминированность моделей, игнорирование неопределенности
4	Системная динамика	Дж. Форрестер	Нелинейные обратные связи с запаздыванием	Моделирование долгосрочных трендов развития регионов	Агрегированность переменных, сложность верификации

Источник: составлено авторами на основе [1–4]

Ограничения каждого подхода особенно ярко проявляются применительно к удалённым территориям. Исследование операций требует точных количественных данных, которые в Арктике часто отсутствуют. Системная динамика сложна в верификации из-за дефицита ретроспективных рядов. Кибернетика упрощённо трактует человеческий фактор, который в малых сообществах играет ключевую роль.

Развитие системного подхода к территориальным системам в 1970–1990 гг.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию «Научные, методологические и практические основы разработки и применения цифровых и интеллектуальных технологий в целях обеспечения устойчивого развития регионов Российской Федерации, включая удаленные и труднодоступные территории Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны»; код научной темы, присвоенной учредителем, – FZNW-2025-0021.

В данный период произошло осознание специфики территориальных систем как особого класса объектов исследования. Работы Н.Н. Моисеева заложили основы концепции коэволюции общества и природы, подчеркивая взаимозависимость социальных и экологических процессов в пространственном контексте [3]. Для удалённых территорий коэволюционный подход означает, что хозяйственное освоение не может игнорировать хрупкость северных экосистем; любые техногенные воздействия должны быть соразмерны восстановительному потенциалу природной среды. Принципиальным вкладом в развитие территориального системного анализа стала концепция пространственной организации общества, разработанная в рамках экономической географии. Территориальные системы рассматривались как иерархические структуры с центро-периферийными отношениями, где интенсивность взаимодействий убывает с расстоянием. В работах А.Г. Гранберга [5] и его последователей была создана теория пространственных систем производительных сил, в которой территория перестала быть пассивным фоном и стала рассматриваться как активный фактор экономического развития.

Для удалённых территорий характерна специфическая модификация данных закономерностей. Во-первых, это разрыв пространственной непрерывности – наличие значительных незаселённых пространств между опорными точками расселения. В отличие от европейской части России, где система расселения обладает свойством квазинепрерывности, в Сибири и на Дальнем Востоке населённые пункты разделены сотнями километров бездорожья, что требует особых методов пространственного анализа, учитывающих «разрывы» связности. Во-вторых, дискретность инфраструктурного каркаса – точечно-линейная структура транспортных и энергетических сетей, где вместо сетевой избыточности преобладают магистральные коридоры (Северный морской путь, БАМ, Транссиб, магистральные трубопроводы) с немногочисленными ответвлениями. Отказ одного звена (например, единственной линии электропередачи) может привести к полной изоляции целого района. В-третьих, асимметрия связей – доминирование вертикальных связей с федеральным центром над горизонтальными межрегиональными взаимодействиями, что создаёт специфическую конфигурацию графа территориальных связей – «звезду» с центром в Москве. В таблице 2 обобщена эволюция представлений о территориальных системах от технократической парадигмы (1950–1970-е) до адаптивного управления (2010-е – настоящее время).

Таблица 2
Эволюция представлений о территориальных системах

№	Период	Доминирующая парадигма	Единица анализа	Методы исследования	Критерии эффективности
0	А	Б	В	Г	Д
1	1950–1970-е	Технократическая	Отрасль, предприятие	Балансовые модели, оптимизация	Валовые показатели производства
2	1970–1990-е	Комплексная	Территориально-производственный комплекс	Межотраслевой баланс, гравитационные модели	Комплексное использование ресурсов
3	1990–2010-е	Устойчивое развитие	Регион, муниципалитет	Индикаторный подход, сценарное моделирование	Сбалансированность экономических, социальных и экологических показателей
4	2010–настоящее время	Адаптивное управление	Социо-эколого-экономическая система	Сетевой анализ, агентное моделирование, машинное обучение	Устойчивость, адаптивность, жизнеспособность

Источник: составлено авторами на основе [5–8]

Переход отражает не только смену научных взглядов, но и объективные изменения в характере проблем: от ресурсных к инфраструктурным, от количественных к качественным, от статических к динамическим.

Современная концепция социо-эколого-экономических систем в 2000-е годы и по настоящее время

Переход к концепции социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) обусловлен осознанием неразрывной взаимосвязи социальных, экологических и экономических процессов. В рамках данного подхода территория рассматривается не как пассивная среда размещения производительных сил, а как активная подсистема глобальной системы устойчивого развития. Исследования последних лет демонстрируют смещение акцента с оптимизации статического состояния на обеспечение адаптивности и устойчивости к возмущениям. В работах зарубежных исследователей (Walker et al., 2020; Folke et al., 2021) разработана концепция resilience (устойчивости-живучести), характеризующая способность системы поглощать возмущения, реорганизовываться и сохранять функции [7-10]. Для удалённых территорий, где внешние возмущения (климатические аномалии, логистические сбои, ценовые шоки) являются скорее правилом, чем исключением, resilience становится ключевым критерием эффективности управления [9]. Методами оценки resilience служат анализ фазовых портретов системы, расчёт показателей эластичности, имитационное моделирование сценариев возмущений. Для удалённых территорий критическими являются пороги по запасам топлива, по пропускной способности транспортных артерий, по уровню загрузки энергогенерирующих мощностей.

Применение концепции СЭЭС к удалённым территориям Российской Федерации осложняется рядом факторов, которые следует рассматривать не просто как внешние ограничения, а как системные параметры, определяющие структуру моделей управления. К ним относятся экстремальность природно-климатических условий и низкая плотность населения. что ведёт к отсутствию экономии от масштаба при развёртывании инфраструктуры и высоким удельным затратам на душу населения; инфраструктурная разобщённость (отсутствие круглогодичных транспортных связей между населёнными пунктами), что в терминах теории графов означает низкую степень связности; высокая стоимость жизнеобеспечения (зависимость от северного завоза, удорожание строительства и эксплуатации инфраструктуры в 3–5 раз по сравнению с центральными регионами).

На рисунке 1 представлена структурная схема социо-эколого-экономической системы удалённой территории. Управляющая подсистема на схеме включает в себя не только органы власти, но и информационные потоки, системы мониторинга и поддержки принятия решений – именно эти компоненты будут детализированы в последующих главах диссертации.

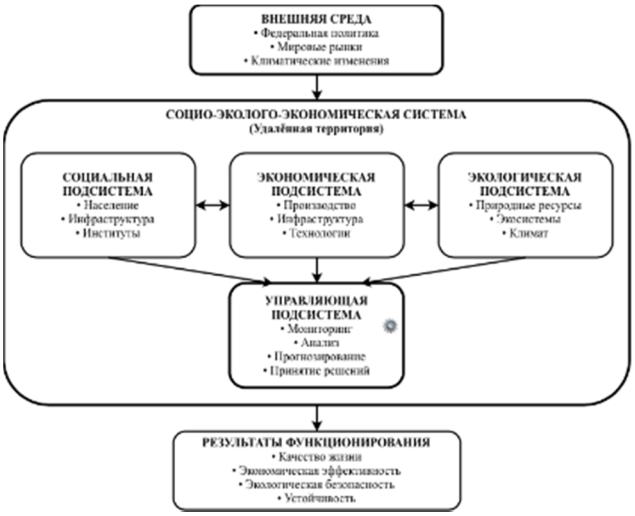


Рисунок 1 – Структурная схема социо-эколого-экономической системы удаленной территории

Методы многокритериальной оптимизации в управлении территориальными системами

Управление территориальными системами требует учёта множества противоречивых критериев. Экономическая эффективность часто конфликтует с социальной справедливостью и экологической устойчивостью. В условиях удалённых территорий данные противоречия обостряются ограниченностью ресурсов и высокими издержками, что предполагает разработку методов и алгоритмов для таких многокритериальных задач.

Среди современных подходов выделяют методы свертки критериев – линейная свертка с весовыми коэффициентами (метод анализа иерархий Саати) [10], метод идеальной точки TOPSIS и метод ELECTRE. Линейная свертка позволяет свести многокритериальную задачу к однокритериальной, но требует обоснованного назначения весов (например, через экспертные опросы с проверкой согласованности). TOPSIS основан на поиске решения, наиболее близкого к идеальному и наиболее удалённого от наихудшего, и хорошо работает при сравнении ограниченного числа альтернатив. ELECTRE использует понятия «превосходства» и «согласия», что позволяет отсеивать заведомо худшие варианты при большом числе альтернатив и слабой формализуемости критериев.

Методы Парето-оптимизации основаны на построении множества недоминируемых решений с последующим выбором компромиссного

решения. Для территориальных систем с большим числом критериев применяются эволюционные алгоритмы (NSGA-II, MOEA/D) [11]. Эти методы особенно актуальны, когда между критериями существует принципиальная непримиримость (например, максимизация ВРП и минимизация экологического ущерба). Полученное множество Парето позволяет лицу, принимающему решения, выбрать вариант, соответствующий его системе приоритетов.

Нечеткие методы используют аппарат нечёткой логики [12] для работы с качественными критериями и экспертными оценками. Особенно актуально для удалённых территорий, где количественные данные часто недоступны или недостоверны. Лингвистические переменные («низкий», «средний», «высокий») преобразуются в функции принадлежности, а правила вывода строятся на основе экспертных знаний. Нечёткие модели позволяют формализовать такие понятия, как «достаточный уровень надёжности», «приемлемый экологический риск», «социально приемлемая стоимость энергии».

В таблице 3 приведены примеры применения методов многокритериальной оптимизации к задачам территориального развития (размещение объектов инфраструктуры, распределение бюджетных средств, выбор сценария развития, оценка инвестиционных проектов).

Выбор конкретного метода зависит от наличия количественных данных, числа альтернатив и критериев, требуемой интерпретируемости результатов и возможности привлечения экспертов.

Таблица 3
Применение методов многокритериальной оптимизации к задачам территориального развития

№	Задача	Критерии	Метод	Преимущества	Ограничения
0	А	Б	В	Г	Д
1	Размещ. объектов инфр-ры	Стоимость, доступность, экологический ущерб	Метод взвешенной суммы	Простота реализации	Требует точных весовых коэффициентов
2	Распред. бюджетных средств	Социальный эффект, экономическая отдача, выравнивание диспропорций	Метод анализа иерархий (AHP)	Учет качественных факторов	Субъективность экспертных оценок
3	Выбор сценария развития	ВРП, занятость, качество среды, устойчивость	Метод Парето (NSGA-II)	Построение множества альтернатив	Вычислительная сложность
4	Оценка инвест. проектов	NPV, срок окупаемости, риски, социальная значимость	Нечеткий TOPSIS	Работа с неопределенностью	Сложность интерпретации результатов

Источник: составлено авторами на основе [10–17]

Специфика системного анализа удалённых территорий

Применение системного анализа к удалённым территориям требует модификации традиционных подходов с учётом следующих особенностей, которые выделяют удалённые территории в особый класс объектов управления.

В отличие от компактных городских систем, удалённые территории представляют собой распределённые системы с разрывами пространственной связности, в данном случае можем констатировать пространственную дискретность. Это требует применения методов сетевого анализа и теории графов для моделирования взаимодействий между опорными точками. Важно не только построить граф связности, но и определить веса рёбер (время, стоимость, надёжность), а также учитывать сезонную динамику этих весов (зимник доступен только при отрицательных температурах).

Ограниченность статистических данных, низкая плотность наблюдательных сетей, стохастичность климатических и логистических процессов порождают высокую неопределённость и обуславливают необходимость использования методов работы с неполной информацией – интервальный анализ, байесовские методы, теория Демпстера-Шафера [18]. Особое значение приобретает метод районирования, рассмотренный в последующих главах диссертационного исследования, который позволяет принимать решения при наличии лишь порядковой информации о вероятностях состояний среды.

Управленческие решения, принятые в отношении удалённых территорий, дают ощутимый результат не сразу. Причинами такого запаздывания выступают длительные циклы строительства, сезонные ограничения доставки материалов и техники, а также инерция социальных процессов. Для корректного учёта этих задержек в моделях применяют аппарат системной динамики. Формально временной лаг описывают дифференциальными уравнениями с запаздывающим аргументом либо рекуррентными соотношениями, хранящими память о предыдущих состояниях системы.

В условиях низкой концентрации инфраструктурных элементов нарушение в одной подсистеме быстро передаётся по цепочке в смежные. Например, отказ энергоснабжения приводит к потере связи, что затрудняет координацию восстановительных работ и обостряет социальную напряжённость. Подобные каскадные эффекты количественно оценивают с помощью графа влияний, где вершины соответствуют элементам подсистем, а взвешенные дуги показывают силу межсистемных связей. Распространение возмущений затем рассчитывают методами имитационного моделирования или с использованием марковских цепей. На рисунке 2 представлена схема каскадных эффектов в системе жизнеобеспечения удалённой территории, иллюстрирующая «эффект домино», характерный для систем с низкой структурной избыточностью.

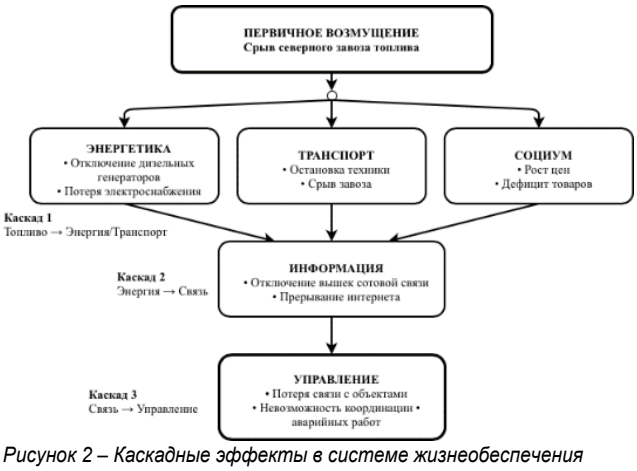


Рисунок 2 – Каскадные эффекты в системе жизнеобеспечения

Проведённый анализ эволюции подходов к системному анализу и специфики удалённых территорий позволяет сформулировать совокупность требований к разрабатываемой методологии. Прежде всего, методология должна обеспечивать интеграцию разнородных данных – совместную обработку количественных показателей (статистическая отчётность, телеметрия датчиков) и качественных оценок (экспертные суждения, неструктурированные текстовые источники), имеющих различную степень достоверности. Это предполагает разработку формальных моделей представления неопределённости, включающих интервальные оценки, вероятностные распределения и нечёткие множества, а также методов их согласования в едином вычислительном контуре. Учёт пространственно-временной динамики требует, чтобы модели отражали не только пространственную структуру территории (распределение объектов инфраструктуры, связность транспортных и энергетических сетей), но и временную эволюцию процессов – тренды, циклические колебания, эффекты запаздывания управленческих воздействий. Для этого целесообразно применение гибридных моделей, объединяющих графовые представления с дифференциальными уравнениями, а также методов прогнозирования временных рядов.

Работа в условиях высокой неопределённости, присущей климатическим, логистическим и социальным процессам в удалённых макрорегионах, обуславливает необходимость использования вероятностных методов и сценарного анализа. Задача состоит не только в оценке наиболее вероятных траекторий развития, но и в построении доверительных интервалов прогнозных показателей, а также в идентификации редких, но катастрофических событий – так называемых «чёрных лебедей». Многокритериальный характер задач территориального управления, предполагающий одновременную оптимизацию экономических, социальных и экологических показателей, требует разработки методов многокритериального принятия решений, способных находить компромиссные варианты и обосновывать их перед лицами, принимающими решения. Важным элементом такого обоснования выступает генерация объяснимых рекомендаций с применением методов XAI, что повышает доверие к системе и облегчает внедрение предлагаемых решений.

Адаптивность методологии выражается в возможности корректировки моделей и управленческих рекомендаций по мере поступления новых данных и изменения внешних условий. Реализация данной возможности предполагает наличие замкнутого контура обратной связи, включающего MLOps-цикл и периодическое переобучение прогнозных моде-

лей на актуализированных выборках. Наконец, методология должна обладать свойством масштабируемости – быть применимой на различных уровнях территориальной иерархии, от отдельного населённого пункта до макрорегиона. Это достигается за счёт модульной архитектуры, позволяющей агрегировать показатели снизу вверх для интегральной оценки состояния макрорегиона и детализировать рекомендации сверху вниз для адресного управления локальными объектами.

В таблице 4 приведена классификация проблем системного анализа удалённых территорий по классам (информационные, методологические, вычислительные, управленческие).

Таблица 4

Классификация проблем системного анализа удаленных территорий

№	Класс проблем	Конкретные проявления	Методы решения
0	А	Б	В
1	Информационные	Дефицит данных, низкая детализация, запаздывание отчетности	Дистанционное зондирование, IoT-сенсоры, краудсорсинг, экстраполяция
2	Методологические	Неприменимость стандартных моделей, высокая неопределенность	Адаптация методов к экстремальным условиям, гибридные модели
3	Вычислительные	Большие размерности задач, необходимость оперативных расчетов	Распределенные вычисления, эвристические алгоритмы, облачные платформы
4	Управленческие	Разобщенность ведомств, слабая координация	Интегрированные платформы поддержки решений, межведомственные контуры управления

Наиболее острыми являются информационные проблемы (дефицит данных) и методологические проблемы (неприменимость стандартных моделей), и именно на их решение направлено данное диссертационное исследование.

Заключение

Проведённый анализ эволюции подходов к системному анализу территориальных систем выявил несколько закономерностей. Происходит переход от отраслевого к комплексному рассмотрению территорий как социо-эколого-экономических систем с неразрывными взаимосвязями между подсистемами. Данный переход требует формализации этих связей в виде моделей, что соответствует задачам диссертационного исследования. Современные методы системного анализа смещаются от детерминированных оптимизационных моделей к адаптивным подходам, учитывающим неопределённость и стохастичность внешних условий, что предполагает использование вероятностных методов, интервального анализа, нечёткой логики и имитационного моделирования.

Литература

1. Bertalanffy L. von. General System Theory: Foundations, Development, Applications. – New York: George Braziller, 1968. – 289 p.
2. Ashby W.R. An Introduction to Cybernetics. – London: Chapman & Hall, 1956. – 295 p.
3. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. – М.: Устойчивый мир, 2001. – 200 с.
4. Forrester J.W. Industrial Dynamics. – Cambridge: MIT Press, 1961. – 464 p.
5. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 495 с.
6. Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Проблемы и перспективы использования проектного подхода в управлении развитием российской Арктики // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2015. – Т. 6, № 4(24). – С. 10–18. DOI: 10.18184/2079-4665.2015.6.4.10.18
7. Walker B., Salt D. Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function. – Washington: Island Press, 2012. – 234 p. DOI:10.5822/978-1-61091-231-0
8. Folke C., Polasky S., Rockström J., Galaz V., Westley F., Lamont M., Scheffer M., Österblom H., Carpenter S.R., Chapin F.S. III, et al. Our future in the Anthropocene biosphere: Global sustainability and resilient societies // Ambio. – 2021. – Vol. 50, № 4. – P. 834–869. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8.
9. Glaser M., Krause G., Ratter B., Welp M. Human-Nature-Interactions in the Anthropocene: Potential of Social-Ecological Systems Analysis. – London: Routledge, 2012. – 231 p.
10. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p.
11. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2002. – Vol. 6, № 2. – P. 182–197.
12. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, № 3. – P. 338–353.
13. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. – Berlin: Springer, 1981. – 259 p. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9
14. Порфирьев, Б. Н. Экономическая оценка последствий деградации вечной мерзлоты под влиянием изменений климата для устойчивости дорожной инфраструктуры в Российской Арктике / Б. Н. Порфирьев, Д. О. Елисеев, Д. А. Стрелецкий // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89, № 12. – С. 1228-1239. – DOI 10.31857/S0869-587389121228-1239. – EDN BWVJSZ.
15. Резильентность арктических поселений: опыт моделирования / И. В. Никулкина, О. В. Гордячкова, Е. В. Романова, Т. Ю. Калаврий // Теория и практика общественного развития. – 2023. – № 11(187). – С. 176-184. – DOI 10.24158/tipor.2023.11.22. – EDN KKDYNO.
16. Росгидромет. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025. – 104 стр. ISBN 978-5-906099-58-7.
17. Арктика – территория стратегических научных исследований [Электронный ресурс] : сборник трудов II Арктического конгресса. Якутск, 20-22 сентября 2024 г. / [под ред. М.Н. Лебедева]. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск. ISBN 978-5-7513-3765-0.
18. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник для вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. — 3-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 562 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14945-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/582538 (дата обращения: 22.04.2026).
19. Петрова Е. А., Усачева И. В., 2025. Анализ влияния реализации национального проекта «Цифровая экономика» на устойчивое развитие территорий Российской Федерации // Региональная экономика. Юг России. Т. 13, № 3. С. 4–17. DOI: https://doi.org/10.15688/re.volsu.2025.3.1
20. Samarina V., Tereshina M., Khodjaliev S. Features, Opportunities and Problems of Decarbonization of the Russian Arctic // BIO Web of Conferences. – 2023. – Vol. 63. – Article 03009. – DOI: 10.1051/bioconf/20236303009.

A Systems Approach to Managing Remote and Hard-to-Access Territories

Serdechny D.V., Goncharova E.A., Kuzmenko M.D., Chikina V.S.

Laboratory of Digital and Intelligent Technologies for the Development of Territories of the Russian Federation, State University of Management

This article examines the evolution of approaches to systems analysis of territorial systems as applied to the management of remote and hard-to-reach territories. It demonstrates that the development of scientific concepts has evolved from classical deterministic models of general systems theory, cybernetics, and operations research to a modern adaptive management paradigm based on the concept of socio-ecological-economic systems. Fundamental limitations of traditional approaches for remote territories are identified: spatial discreteness, high uncertainty of external conditions, cascading effects, and intersystem dependencies. The need for a transition to proactive management based on multi-criteria optimization, methods for working with incomplete information, and artificial intelligence technologies is substantiated. A methodological basis for constructing an intelligent decision support system integrating methods of hierarchy analysis, evolutionary algorithms, fuzzy logic, and explainable artificial intelligence is proposed.

Keywords systems analysis, remote areas, multi-criteria optimization, adaptive control, uncertainty, cascading effects, intelligent decision support system, investments, innovations.

References

1. Bertalanffy, L. von. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968, 289 p.
2. Ashby, W.R. An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall, 1956, 295 p.
3. Moiseev, N.N. Universe. Information. Society. Moscow: Sustainable World, 2001, 200 p.
4. Forrester, J.W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961, 464 p.
5. Granberg, A.G. Fundamentals of Regional Economics: A Textbook for Universities. Moscow: HSE, 2000, 495 p.
6. Leksin V.N., Porfiryev B.N. Problems and Prospects of Using a Project Approach in Managing the Development of the Russian Arctic // MIR (Modernization. Innovation. Development). - 2015. - Vol. 6, No. 4 (24). - P. 10-18.
7. Walker B., Salt D. Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function. - Washington: Island Press, 2012. - 234 p.
8. Folke C., Polasky S., Rockström J., Galaz V., Westley F., Lamont M., Scheffer M., Österblom H., Carpenter S.R., Chapin F.S. III, et al. Our future in the Anthropocene biosphere: Global sustainability and resilient societies // Ambio. – 2021. – Vol. 50, No. 4. – P. 834–869. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8.
9. Glaser M., Krause G., Ratter B., Welp M. Human-Nature-Interactions in the Anthropocene: Potential of Social-Ecological Systems Analysis. – London: Routledge, 2012. – 231 p.
10. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p.
11. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2002. – Vol. 6, No. 2. – P. 182–197.
12. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, No. 3. – P. 338–353.
13. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. - Berlin: Springer, 1981. - 259 p. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9
14. Porfiryev, B. N. Economic Assessment of the Consequences of Permafrost Degradation Under the Influence of Climate Change for the Sustainability of Road Infrastructure in the Russian Arctic / B. N. Porfiryev, D. O. Eliseev, D. A. Streletsky // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. - 2019. - Vol. 89, No. 12. - Pp. 1228-1239.

Уточнение понятийного аппарата предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна

Ткаченко Давид Дмитриевич
аспирант, кафедра менеджмента, Московский университет «Синергия», Mr.Tkashik@yandex.ru

В статье исследуется понятийный аппарат предпринимательской деятельности применительно к гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна. На основе анализа существующих научных подходов и нормативно-правовых источников уточнены ключевые дефиниции: «гидростроительное предпринимательство», «предпринимательская структура в гидростроительстве», «гидростроительная отрасль». Предложена авторская трактовка данных понятий с учётом региональной специфики Азово-Черноморского бассейна. Обоснована необходимость формирования единого терминологического базиса как условия эффективного управления отраслью.

Ключевые слова: Азово-Черноморский бассейн, гидростроительство, менеджмент, понятийный аппарат, предпринимательская структура, предпринимательство, управление отраслью.

Введение

Гидростроительная отрасль занимает особое место в системе национальной экономики России, обеспечивая создание и эксплуатацию гидротехнических сооружений, портовой инфраструктуры, объектов берегоукрепления и дноуглубления. Азово-Черноморский бассейн, включающий акватории Азовского и Чёрного морей с прилегающими прибрежными территориями, является одним из стратегически значимых регионов страны с точки зрения развития гидростроительного предпринимательства.

Стратегическая роль данного региона определяется его положением в системе международных транспортных коридоров. Как отмечает А.А. Клейменов, трансформация международных транспортных коридоров России в современных условиях приводит к переориентации грузопотоков и усилению значимости южных морских маршрутов, что непосредственно повышает инвестиционную привлекательность гидростроительных проектов в Азово-Черноморском бассейне [5]. Данная тенденция создаёт дополнительный импульс для развития предпринимательства в отрасли и актуализирует необходимость формирования чёткого понятийного аппарата для её научного осмысления.

Вместе с тем научное осмысление предпринимательской деятельности в данной отрасли сопряжено с существенной терминологической неопределённостью. В отечественной и зарубежной литературе отсутствует единый подход к определению таких понятий, как «гидростроительное предпринимательство», «предпринимательская структура в гидростроительстве», «гидростроительная отрасль». Указанная неопределённость существенно затрудняет как теоретические исследования, так и практику управления отраслью.

Цель настоящей статьи — на основе систематизации существующих научных подходов уточнить ключевые понятия предпринимательской деятельности применительно к гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна и предложить авторские дефиниции, отражающие региональную специфику.

Основная часть

В экономической науке понятие «предпринимательство» трактуется с различных позиций. Классическая школа (А. Смит, Ж.-Б. Сэй) рассматривает предпринимателя как организатора производства, принимающего на себя риски хозяйственной деятельности [2]. Й. Шумпетер акцентировал внимание на инновационной природе предпринимательства, определяя его как «осуществление новых комбинаций» факторов производства [3]. В российской научной традиции предпринимательство рассматривается как самостоятельная, осуществляемая на свой риск деятельность, направленная на систематическое получение прибыли [4].

Применительно к строительной отрасли понятие предпринимательства конкретизируется через специфику строительного производства: высокую капиталоёмкость, длительные производственные циклы, территориальную привязанность объектов, зависимость от природно-климатических условий и нормативно-правового регулирования [5]. Ряд исследователей (Е.Б. Смирнов, И.С. Степанов) выделяют строительное предпринимательство в самостоятельную категорию, подчёркивая его проектный характер и высокую степень индивидуализации продукта [6].

Гидростроительство как подотрасль строительного комплекса обладает ещё более выраженной спецификой. К её характерным чертам относятся: работа в водной и прибрежной среде, необходимость применения специализированной техники и технологий, повышенные экологические требования, зависимость от гидрологических и геологических условий, а также стратегическое значение возводимых объектов для национальной безопасности и транспортной инфраструктуры [7].

Анализ нормативно-правовой базы Российской Федерации показывает, что понятие «гидростроительство» как таковое в законодательстве не закреплено. Градостроительный кодекс РФ оперирует понятием «гидротехнические сооружения», Федеральный закон № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [12] определяет их как «плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, тоннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъёмники» [8]. Вместе с тем предпринимательская деятельность по строительству, реконструкции и эксплуатации таких объектов нормативно не выделяется в отдельный вид.

В научной литературе также отсутствует консенсус относительно содержания понятия «гидростроительное предпринимательство». Одни авторы рассматривают его как разновидность строительного предпринимательства, другие — как самостоятельный вид хозяйственной деятельности, обладающий специфическими характеристиками [9]. Понятие «предпринимательская структура в гидростроительстве» в большинстве работ используется как синоним строительной организации или подрядчика, что представляется методологически неточным.

Особую сложность представляет определение понятия «гидростроительная отрасль Азово-Черноморского бассейна». Азово-Черноморский бассейн как географический и экономический регион охватывает прибрежные территории Краснодарского края, Ростовской области, Республики Крым, а также акватории Азовского и Чёрного морей. Переориентация международных транспортных коридоров в сторону южных маршрутов, зафиксированная в ряде современных исследований [5], дополнительно усиливает роль данного региона как центра гидростроительной активности. Совокупность предпринимательских структур, осуществляющих гидростроительную деятельность в данном регионе, образует специфическую отраслевую подсистему с характерными управленческими и организационно-экономическими отношениями [2].

На основе проведённого анализа предлагаются следующие авторские определения ключевых понятий.

Гидростроительное предпринимательство — это самостоятельная, осуществляемая на систематической основе и на собственный риск деятельность хозяйствующих субъектов по проектированию, строительству, реконструкции, техническому обслуживанию и эксплуатации гидротехнических сооружений и объектов водной инфраструктуры, направленная на получение прибыли и создание общественно значимых благ в сфере водопользования, транспортной доступности и экологической безопасности водных акваторий.

Данное определение отличается от существующих тем, что: во-первых, включает не только строительство, но и полный жизненный цикл гидротехнического объекта; во-вторых, фиксирует двойственную природу результата — коммерческую и социально-экономическую; в-третьих, акцентирует специфику предмета деятельности — водная инфраструктура и гидротехнические сооружения.

Ключевым отличием предложенной дефиниции от существующих подходов является включение полного жизненного цикла гидротехнического объекта в содержание понятия «гидростроительное предпринимательство». Данный цикл охватывает пять последовательных этапов — от проектирования до эксплуатации, — на каждом из которых формируются специфические предпринимательские риски, ресурсные потребности и управленческие задачи. Графическое представление жизненного цикла гидротехнического объекта и его связи с двойственным результатом предпринимательской деятельности приведено на рисунке 1.

Рисунок 1 — Полный жизненный цикл гидротехнического объекта как основа авторской дефиниции гидростроительного предпринимательства

Как следует из рисунка 1, жизненный цикл гидротехнического объекта включает пять взаимосвязанных этапов: проектирование; строительство; реконструкция и модернизация; техническое обслуживание (плановые осмотры, текущий ремонт, мониторинг технического состояния); эксплуатация. Принципиально важно, что результат предпринимательской деятельности на всём протяжении жизненного цикла носит двойственный характер: коммерческий — получение прибыли хозяйствующим субъектом, и социально-экономический — создание общественных благ в сфере водопользования, транспортной доступности и экологической безопасности водных акваторий. Именно эта двойственность отличает гидростроительное предпринимательство от иных видов строительной деятельности и обусловливает его особую роль в системе национальной экономики [7; 11].

Предпринимательская структура в гидростроительстве — это юридически самостоятельный хозяйствующий субъект, основным или одним из основных видов деятельности которого является осуществление гидростроительного предпринимательства, располагающий специализированными ресурсами и функционирующий в условиях конкурентной среды гидростроительного рынка.

Предложенное определение разграничивает понятия «предпринимательская структура» и «строительная организация», подчёркивая специализированный характер деятельности и конкурентный контекст функционирования субъекта.

Гидростроительная отрасль Азово-Черноморского бассейна — это совокупность предпринимательских структур, осуществляющих деятельность по проектированию, строительству, реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений, объектов портовой инфраструктуры, берегоукрепительных и дноуглубительных сооружений в акватории и прибрежных зонах Азовского и Чёрного морей, объединённых общностью технологических процессов, ресурсной базы, нормативного

регулирования и региональных условий хозяйствования, а также функционирующих в условиях трансформирующейся системы международных транспортных коридоров.

Данная дефиниция впервые фиксирует региональную привязку отрасли к Азово-Черноморскому бассейну как самостоятельному экономико-географическому пространству, перечисляет специфические виды деятельности, характерные именно для данного региона, и учитывает современный контекст трансформации транспортно-логистической системы страны.

Для формирования целостного понятийного аппарата предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна предлагается следующая иерархическая система дефиниций (таблица 1).

Таблица 1
Систематизация понятийного аппарата предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна

Понятие	Авторское определение	Уровень иерархии
Гидростроительное предпринимательство	Самостоятельная рисковая деятельность по созданию и эксплуатации гидротехнических объектов, направленная на получение прибыли и создание общественных благ	Родовое понятие
Предпринимательская структура в гидростроительстве	Специализированный хозяйствующий субъект, осуществляющий гидростроительное предпринимательство в условиях конкурентного рынка	Субъект деятельности
Гидростроительная отрасль АЧБ	Совокупность предпринимательских структур, объединённых спецификой деятельности в акватории и прибрежных зонах АЧБ в условиях трансформации транспортных коридоров	Отраслевая система
Гидротехническое сооружение	Объект капитального строительства, предназначенный для использования водных ресурсов, защиты от вредного воздействия вод и обеспечения водной инфраструктуры	Объект деятельности
Предпринимательская среда в гидростроительстве АЧБ	Совокупность внешних и внутренних условий, определяющих возможности и ограничения предпринимательской деятельности в гидростроительстве региона	Контекст деятельности

Предложенная система понятий позволяет разграничить уровни анализа: родовое понятие, субъект, отраслевая система, объект и контекст деятельности. Это создаёт методологическую основу для дальнейших исследований в области управления гидростроительным предпринимательством.

Для наглядного представления предложенной иерархической системы понятий разработана структурно-логическая схема понятийного аппарата предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна (рисунок 2).

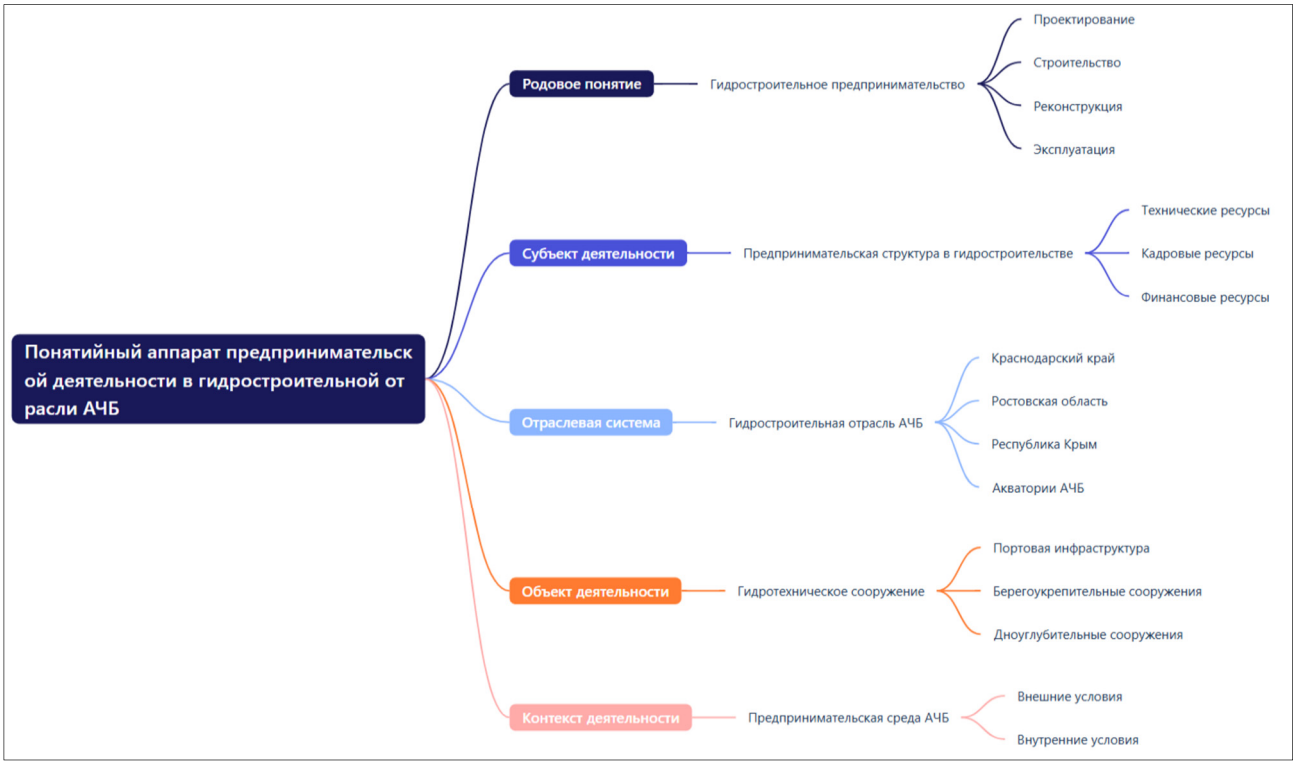


Рисунок 2 — Иерархическая структура понятийного аппарата

Представленная на рисунке 2 схема отражает пятиуровневую иерархию понятийного аппарата, охватывающую все ключевые аспекты предпринимательской деятельности в гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна. На верхнем уровне располагается родовое понятие — «гидростроительное предпринимательство», включающее полный спектр видов деятельности: проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию. Субъект деятельности — предпринимательская структура в гидростроительстве — характеризуется совокупностью специализированных ресурсов: технических, кадровых и финансовых. Отраслевая система — гидростроительная отрасль АЧБ — имеет чёткую региональную привязку к Краснодарскому краю, Ростовской области, Республике Крым и акваториям Азовского и Чёрного морей. Объект деятельности — гидротехническое сооружение — включает портовую инфраструктуру, берегоукрепительные и дноуглубительные сооружения. Наконец, контекст деятельности — предпринимательская среда АЧБ — определяется совокупностью внешних и внутренних условий хозяйствования. Взаимосвязь данных уровней обеспечивает системность предложенного понятийного аппарата и его применимость как для теоретических исследований, так и для практики управления отраслью.

В целях верификации предложенных авторских дефиниций и определения их места в системе существующего научного знания проведён сравнительный анализ подходов к определению гидростроительного предпринимательства в отечественной и зарубежной литературе. Систематизация подходов осуществлялась по четырём критериям: концептуальная основа, ключевые характеристики, степень отраслевой конкретизации и наличие региональной привязки. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2
Сравнительный анализ подходов к определению гидростроительного предпринимательства в научной литературе

Автор / источник	Подход к определению	Ключевые характеристики	Ограничения подхода
А. Смит, Ж.-Б. Сэй [2]	Классический	Предприниматель как организатор производства, принимающий риски	Не учитывает специфику гидростроительства
Й. Шумпетер [3]	Инновационный	Предпринимательство как «новые комбинации» факторов производства	Слабо применим к инфраструктурным отраслям
А.В. Бусыгин, Г.Б. Клейнер [4]	Российская традиция	Самостоятельная рисковая деятельность для получения прибыли	Отсутствует отраслевая конкретизация
Н.И. Барановская, Ю.Н. Казанский [9]	Строительный	Гидростроительство как разновидность строительного предпринимательства	Не выделяет специфику водной среды

А.А. Гусаков, В.М. Серов [9]	Специализированный	Самостоятельный вид хозяйственной деятельности с особыми характеристиками	Отсутствует региональная привязка
Авторский подход	Комплексный	Полный жизненный цикл объекта, двойственный результат, региональная специфика АЧБ	Требует дальнейшей операционализации

Представленный сравнительный анализ наглядно демонстрирует эволюцию научных подходов к определению гидростроительного предпринимательства — от классических экономических концепций к специализированным отраслевым трактовкам. Авторский подход синтезирует достоинства предшествующих концепций и устраняет их ключевые ограничения за счёт учёта полного жизненного цикла гидротехнического объекта и региональной специфики Азово-Черноморского бассейна.

Формирование специализированного понятийного аппарата для гидростроительной отрасли Азово-Черноморского бассейна невозможно без учёта совокупности факторов, определяющих специфику предпринимательской деятельности в данном регионе. В отличие от других субъектов Российской Федерации, Азово-Черноморский бассейн характеризуется уникальным сочетанием природно-климатических, инфраструктурных, транспортно-логистических, нормативно-правовых, геополитических и конкурентных условий хозяйствования, каждый из которых оказывает непосредственное влияние на содержание и границы предпринимательской деятельности в отрасли [5; 7; 10]. Систематизация данных факторов и их управленческих последствий представлена в таблице 3.

Таблица 3

Специфические характеристики гидростроительного предпринимательства в Азово-Черноморском бассейне

Группа факторов	Характеристика	Влияние на предпринимательскую деятельность
Природно-климатические	Специфический гидрологический и геологический режим Азовского и Чёрного морей	Повышенные требования к технологиям и материалам; сезонность производственных работ
Инфраструктурные	Развитая сеть морских портов (Новороссийск, Туапсе, Тамань, Ростов-на-Дону)	Высокий спрос на дноуглубительные и берегоукрепительные работы
Транспортно-логистические	Трансформация международных транспортных коридоров в пользу южных маршрутов	Рост инвестиционной привлекательности гидростроительных проектов
Нормативно-правовые	Особый режим регулирования прибрежных и акваториальных зон	Усложнение процедур согласования; повышенные экологические требования
Геополитические	Стратегическое значение региона для национальной безопасности	Присутствие государственных заказчиков; высокая доля государственного финансирования
Конкурентные	Ограниченный круг специализированных предпринимательских структур	Высокие барьеры входа на рынок; концентрация отраслевых компетенций

Анализ специфических характеристик гидростроительного предпринимательства в Азово-Черноморском бассейне подтверждает необходимость формирования специализированного понятийного аппарата, учитывающего уникальное сочетание природно-климатических, инфраструктурных, транспортно-логистических, нормативно-правовых, геополитических и конкурентных факторов, присущих данному региону.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

Во-первых, существующий понятийный аппарат предпринимательской деятельности в гидростроительстве характеризуется терминологической неопределённостью и отсутствием единого подхода как в нормативно-правовой базе, так и в научной литературе.

Во-вторых, региональная специфика Азово-Черноморского бассейна — стратегическое значение акватории, особенности природно-климатических условий, развитая портовая инфраструктура, геополитическая чувствительность региона, а также его роль в трансформирующейся системе международных транспортных коридоров — обусловливает необходимость формирования специализированного понятийного аппарата, отражающего данные особенности.

В-третьих, предложенные авторские дефиниции («гидростроительное предпринимательство», «предпринимательская структура в гидростроительстве», «гидростроительная отрасль Азово-Черноморского бассейна») уточняют и конкретизируют существующие подходы, создавая терминологическую базу для дальнейших исследований в области управления отраслью.

Практическая значимость результатов исследования состоит в возможности использования предложенных дефиниций при разработке нормативно-правовых актов, регулирующих гидростроительную деятельность в регионе, а также в качестве методологической основы для диагностики и стратегического планирования развития предпринимательства в гидростроительстве Азово-Черноморского бассейна.

Литература

1. Глазунов А. А., Абдрахимов В. З. Особенности малых и средних форм предпринимательской деятельности в строительстве //Экономика строительства. – 2023. – №. 5. – С. 124-128.
2. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. — М.: Эксмо, 2016. — 1056 с.
3. Шумпетер Й. Теория экономического развития. — М.: Прогресс, 1982. — 455 с.
4. Гриднева М.А. Развитие предпринимательства в инвестиционно-строительном комплексе: дис. ... канд. экон. наук. — М., 2024. — 185 с.
5. Клейменов А.А. Трансформация международных транспортных коридоров России // Проблемы теории и практики управления. 2025. № 8. С. 246–260.
6. Новикова Н. Г. и др. Перспективы развития конкуренции в сфере жилищного строительства в условиях проектного финансирования //Baikal Research Journal. – 2022. – Т. 13. – №. 2. – С. 24.
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 01.01.2025). — М.: КонсультантПлюс, 2025.
8. Королев С. В., Толмачев О. Л. Строительная отрасль России: проблемы и перспективы //Ученые записки Российской академии предпринимательства. – 2023. – Т. 22. – №. 3. – С. 65-70.
9. Быченкова Е. Ю., Круглякова В. М. Организация и управление строительством объектов современной морской портовой инфраструктуры //Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – №. 6. – С. 63.
10. Нехайчук Д. В., Голубева И. В. Развитие морских портов азово-черноморского бассейна: вызовы и возможности // Вестник Академии знаний. – 2024. – №. 6 (65). – С. 592-597.
11. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и теория предприятия // Вопросы экономики. — 2002. — № 10. — С. 47–69.
12. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 № 117-ФЗ (ред. от 01.01.2025). — М.: КонсультантПлюс, 2025.

Clarification of the conceptual framework of entrepreneurial activity in the hydro-construction industry of the Azov-Black sea basin

Tkachenko D.D.

Postgraduate student, Department of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the conceptual framework of entrepreneurial activity in relation to the hydro-construction industry of the Azov-Black Sea basin. Based on the analysis of existing scientific approaches and regulatory sources, key definitions are clarified: «hydro-construction entrepreneurship», «entrepreneurial structure in hydro-construction», «hydro-construction industry». The author's interpretation of these concepts is proposed, taking into account the regional specifics of the Azov-Black Sea basin.

Keywords: Azov-Black Sea basin, conceptual framework, entrepreneurial structure, entrepreneurship, hydro-construction, management.

References

1. Glazunov A. A., Abdrakhimov V. Z. Features of small and medium-sized forms of entrepreneurial activity in construction // Construction Economics. – 2023. – No. 5. – pp. 124-128.
2. Smith A. Research on the nature and causes of the wealth of nations. - M.: Eksmo, 2016. - 1056 p.
3. Schumpeter J. Theory of economic development. - M.: Progress, 1982. - 455 p.
4. Gridneva M.A. Development of entrepreneurship in the investment and construction complex: dis. ...cand. econ. Sci. - M., 2024. - 185 p.
5. Kleimenov A.A. Transformation of international transport corridors in Russia // Problems of theory and practice of management. 2025. No. 8. pp. 246–260.
6. Novikova N. G. et al. Prospects for the development of competition in the field of housing construction in the conditions of project financing //Baikal Research Journal. – 2022. – T. 13. – No. 2. – P. 24.
7. Town Planning Code of the Russian Federation dated December 29, 2004 No. 190-FZ (as amended on January 1, 2025). — M.: ConsultantPlus, 2025.
8. Korolev S.V., Tolmachev O.L. Construction industry of Russia: problems and prospects // Scientific notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. – 2023. – T. 22. – No. 3. – pp. 65-70.
9. Bychenkova E. Yu., Kruglyakova V. M. Organization and management of the construction of modern sea port infrastructure facilities // Bulletin of Eurasian Science. – 2024. – T. 16. – No. 6. – P. 63.
10. Nekhaychuk D.V., Golubeva I.V. Development of sea ports of the Azov-Black Sea basin: challenges and opportunities // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2024. – No. 6 (65). – pp. 592-597.
11. Kleiner G.B. System paradigm and theory of enterprise // Questions of Economics. - 2002. - No. 10. - P. 47–69.
12. Federal Law “On the Safety of Hydraulic Structures” dated July 21, 1997 No. 117-FZ (as amended on January 1, 2025). - M.: Consul-tantPlus, 2025.

Трёхкомпонентная структура спортивной услуги и разрывы развития отрасли: интерпретация экстенсивного роста и территориальной асимметрии

Хабаров Денис Андреевич
старший преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта, Государственный университет управления, khabarov177@yandex.ru,

Соболевская Ольга Владимировна
д.м.н., профессор, профессор кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта, Государственный университет управления, olsob@bk.ru

В статье предлагается трёхкомпонентное определение спортивной услуги, объединяющее экономическое, социально-функциональное измерение и требование устойчивости. На основе обзора литературы фиксируются четыре эмпирических разрыва: между наращиванием инфраструктуры и недозагрузкой объектов; между ростом бюджетного финансирования и отсутствием прямой связи с платёжеспособным спросом; между потенциалом негосударственного сектора и устойчивой территориальной асимметрией доступности; между стратегическим ориентиром по доле внебюджетных средств и фактической стагнацией их объёмов. Авторами дана логическая интерпретация выявленных разрывов как проявлений экстенсивного роста и пространственных диспропорций. Построена гипотетическая схема, иллюстрирующая «ловушку», в которой количественное наращивание ресурсов без качественных изменений закрепляет бюджетную зависимость и неравенство территорий. Результаты вносят вклад в теоретическое обоснование сферы спортивных услуг как фактора долгосрочной устойчивости регионов, поскольку предложенная трёхкомпонентная модель услуги и интерпретация разрывов через экстенсивный рост и территориальную асимметрию позволяют диагностировать системные риски закрепления бюджетной зависимости и пространственного неравенства, что соответствует научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика сферы услуг).
Ключевые слова: спортивные услуги, трехкомпонентная структура, экстенсивный рост, территориальная асимметрия, разрывы, бюджетная зависимость, устойчивость регионов.

Интерпретация эффективности сферы спортивных услуг напрямую зависит от того, какое содержание вкладывается в её базовую единицу — спортивную услугу. В данной статье предлагается трёхкомпонентное определение. Первый компонент — экономический: спортивная услуга рассматривается как деятельность, требующая затрат ограниченных ресурсов (финансовых, материальных, трудовых, временных) и порождающая как прямые доходы поставщика, так и косвенные эффекты для смежных отраслей. Второй компонент — социально-функциональный: услуга должна удовлетворять потребность в физической активности, оздоровлении или спортивном совершенствовании. Третий компонент — устойчивость: услуга должна быть воспроизводима в долгосрочном периоде без деградации качества и с учётом равной доступности для различных групп населения на данной территории. Таким образом, эффективность спортивной услуги не может быть сведена ни к факту её оказания, ни к бюджетной экономии, ни к социальной полезности в отрыве от ресурсных ограничений. Ресурсные ограничения выступают интегративным фактором, обеспечивающим связанность экономического, социально-функционального измерений и измерения устойчивости. Без их учёта каждое из измерений допускает одностороннюю экстраполяцию: например, максимизацию социальной пользы при игнорировании затрат, либо достижение бюджетной экономии в ущерб доступности. Напротив, признание конечности ресурсов (финансовых, материальных, трудовых, временных) и необходимости их сбалансированного распределения между измерениями превращает оценку эффективности в задачу многокритериальной оптимизации, требующей компромисса между доходностью, социальной функцией и долгосрочной воспроизводимостью услуги. Именно поэтому эффективность требует одновременного учёта всех трёх измерений в их взаимной обусловленности. Анализу сущности и специфики спортивных услуг посвящены работы ряда авторов, среди которых следует отметить Е.А. Можелева [1], С.Е. Дроботова [2], Скороду Е.В. [3].

Под экстенсивным ростом понимается увеличение объёмных показателей деятельности (число объектов, штатных единиц, бюджетных расходов, человеко-посещений) без пропорционального изменения качественных характеристик и структуры потребления. В контексте спортивных услуг экстенсивный рост проявляется в трёх формах: (1) наращивание инфраструктуры при сохранении или даже снижении загруженности существующих объектов; (2) рост бюджетного финансирования отрасли без устойчивого увеличения платежеспособного спроса домохозяйств; (3) расширение перечня формально оказываемых услуг при сохранении территориальных и ценовых барьеров доступа. Характерная черта экстенсивного роста — подмена конечного результата (удовлетворение потребности населения) промежуточным (ввод мощностей или освоение средств). Такая модель создаёт иллюзию прогресса, поскольку количественные показатели демонстрируют положительную динамику, тогда как показатели эффективности (загруженность, соотношение бюджетных затрат и реально потреблённых услуг, инклюзивность) могут оставаться неизменными или ухудшаться.

Территориальная асимметрия в сфере спортивных услуг — это устойчивое неравенство между регионами по показателям доступности, разнообразия, качества и цены спортивных услуг. Рыночный механизм ведёт к концентрации частных спортивных услуг в локациях с максимальным платёжеспособным спросом, высокой плотностью населения и низкими издержками входа — то есть в крупных агломерациях и экономически развитых субъектах РФ. С позиции сугубо рыночной эффективности выравнивание территориальной асимметрии часто является нецелесообразным, так как требует перераспределения ресурсов от более производительных локаций к менее производительным, что снижает агрегированную отдачу от инвестиций. Однако спортивная услуга не является чистым частным благом. Она генерирует положительные экстерналии: снижение заболеваемости, повышение трудовой продуктивности, социальный контроль (особенно в молодёжной среде), закрепление населения на территории. В региональном разрезе отсутствие доступных спортивных услуг может выступать фактором оттока человеческого капитала: мобильные группы населения (молодёжь, квалифицированные кадры) могут покидать территории, где качество социальной среды, включая спортивную инфраструктуру, относительно низкое. Потенци-

ально это способно запустить порочный круг: регион потеряет платёжеспособное население и потенциальных поставщиков спортивных услуг из негосударственного сектора (индивидуальные предприниматели, малые частные фитнес-клубы, самозанятые тренеры), которые не увидят экономических оснований для работы на депрессивных территориях. Следовательно, выравнивание необходимо не из абстрактных соображений социальной справедливости, а как инструмент поддержания пространственной связанности и целостности единого рынка услуг и миграционных процессов в стране. При этом выравнивание не должно подменяться экстенсивным наращиванием объектов в отстающих регионах — требуются механизмы, стимулирующие рыночных поставщиков спортивных услуг выходить на периферийные рынки и повышающие эффективность уже существующих государственных объектов.

Обзор релевантных источников литературы позволяет идентифицировать четыре проблемных узла (разрыва), которые обуславливают неоднозначность трактовки текущего состояния и перспективных направлений развития сферы спортивных услуг в Российской Федерации.

Первый разрыв (в данном исследовании под разрывом понимается фиксируемое рассогласование между двумя рядами эмпирических данных или теоретических выводов, которые не противоречат друг другу логически, но не образуют ожидаемой причинно-следственной связи) касается соотношения между объёмами вводимой спортивной инфраструктуры и фактической загруженностью создаваемых объектов. В исследовании В.С. Антонюк с коллегами [4] обосновывается, что увеличение количества и доступности спортивных сооружений является необходимым (но не единственным) условием повышения доли населения, занимающегося физкультурой и спортом, наряду с развитием кластеров, цифровизацией и проведением массовых мероприятий. Однако, согласно отчётам Счётной палаты РФ, практика эксплуатации объектов, введённых в 2022–2024 гг., демонстрирует системный характер проблемы их недозагрузки: более 68% таких сооружений эксплуатируются с загруженностью ниже 50% от проектной мощности [5]. В этой связи результативность израсходованных бюджетных средств с позиции достижения нормативных показателей вовлечённости населения в занятия спортом оказывается под вопросом.

Второй разрыв фиксируется между масштабами бюджетного финансирования отрасли и динамикой реального платёжеспособного спроса на спортивные услуги. Официальная статистика свидетельствует о стабильно высоких, а по некоторым направлениям о возрастающих бюджетных ассигнованиях на физическую культуру и спорт: совокупные годовые расходы консолидированных бюджетов субъектов РФ превышают 550 млрд рублей [6], на строительство инфраструктуры в период 2023–2025 гг. выделено 91,2 млрд рублей [5], а в 59 регионах доля расходов на спорт в 2025 г. оказалась выше нормативных 2% [7]. В то же время в работе Д.П. Аркалова [8] показано отсутствие прямой зависимости между государственными вложениями и изменением платного спроса на спортивные услуги. Определяющим фактором спроса выступает уровень доходов населения, тогда как объём бюджетного финансирования отрасли не имеет прямой корреляции с ним.

Третий разрыв выявляется между экономическими возможностями негосударственного сектора и сохраняющейся территориальной неравномерностью в доступности спортивных услуг. Т.В. Крамин и М.Р. Мифтахов [9] на эмпирическом материале доказывают, что деятельность частных организаций в сфере физической культуры и спорта оказывает статистически значимое влияние на подушевой валовой региональный продукт и уровень качества жизни населения. Из этого следует, что развитие негосударственных спортивных структур потенциально способно выступать драйвером регионального экономического роста. Вместе с тем И.В. Сафонов [10] констатирует устойчивую и выраженную асимметрию в территориальном распределении спортивной инфраструктуры (независимо от формы собственности): 56% всех спортивных сооружений локализованы в 15 субъектах РФ, а 73% сельских поселений не имеют ни одного стационарного объекта. Доступность спортивных услуг в решающей мере детерминирована местом жительства граждан. Сопоставление этих двух выводов порождает сложный разрыв. Если негосударственный сектор действительно способен стимулировать экономическое развитие регионов, то рыночная логика его пространственного размещения автоматически не ведёт к сглаживанию дифференциации в доступности. Напротив, высокая концентрация спортивных сооружений в узком круге регионов и их почти полное отсутствие на периферийных территориях показывает, что частный бизнес, ориентируясь на платёжеспособный спрос, объективно размещается в уже сложившихся агломерационных центрах, чем при отсутствии адресной государственной политики неизбежно углубляет региональные различия в доступе к спортивным услугам.

Четвёртый разрыв обнаруживается между стратегическим целевым ориентиром по доле внебюджетных средств в финансировании отрасли и фактической структурой её финансового обеспечения на этапе стагнации абсолютных объёмов внебюджетных инвестиций. Согласно Стратегии развития физической культуры и спорта в РФ на период до 2030 года [11], одним из ключевых ориентиров является достижение доли внебюджетных источников в финансировании отрасли в 20% к 2030 году, что предполагает качественное изменение модели финансового обеспечения. В то же время Г.В. Богомолов с соавторами на эмпирическом материале 2018–2022 гг. убедительно показывают, что сфера физической культуры и спорта сохраняет высокую зависимость от бюджетных ассигнований, а объёмы привлечённых внебюджетных средств остаются практически неизменными на протяжении всего рассматриваемого периода (10% в 2022 году, что вдвое ниже стратегического ориентира в 20%) [12].

Представленные четыре разрыва, в целом, согласуются с введёнными выше понятиями экстенсивного роста и территориальной асимметрии, демонстрируя, что количественное наращивание ресурсов без изменения качества и структуры потребления не приведет к преодолению межрегиональных разрывов в доступности спортивных услуг, а также не обеспечит перехода к сбалансированной модели финансирования (таблица 1).

Таблица 1

Соотнесение разрывов с формами экстенсивного роста и территориальной асимметрией в сфере спортивных услуг (авторская интерпретация)

№	Разрыв (обзор литературы)	Соотносимый теоретический конструкт	Характер связи
1	Между наращиванием инфраструктуры и низкой загруженностью вновь построенных объектов	Экстенсивный рост, форма 1: увеличение числа объектов при сохранении или снижении их загруженности	Разрыв эмпирически репрезентирует первую форму экстенсивного роста (разрыв между вводом объектов и их загрузкой)
2	Между значительными бюджетными расходами и отсутствием прямой корреляции с платёжеспособным спросом	Экстенсивный рост, форма 2: рост бюджетного финансирования без устойчивого увеличения платежеспособного спроса домохозяйств	Разрыв выступает эмпирическим индикатором второй формы экстенсивного роста (разрыв между бюджетными расходами и платёжеспособным спросом)
3	Между экономическим потенциалом негосударственного сектора и устойчивой территориальной асимметрией в доступности спортивных услуг	Экстенсивный рост, форма 3: расширение перечня формально оказываемых услуг при сохранении территориальных барьеров доступа / Территориальная асимметрия	Разрыв иллюстрирует механизм углубления территориальной асимметрии и одновременно допускает интерпретацию как третьей формы экстенсивного роста: частный сектор может формально расширять перечень услуг (позитивный вклад в подушевой ВРП), но эти услуги могут быть локализованы в агломерациях, а территориальные барьеры для периферии (73% сёл без объектов) сохраняются, т.е. рост услуг не обязательно сопровождается выравниванием доступности
4	Между стратегическим ориентиром по доле внебюджетных средств (20% к 2030 г.) и фактическим отсутствием роста их абсолютных объёмов	Устойчивость финансовой модели	Разрыв фиксирует разрыв между декларируемой целью и реальной структурой финансирования (отсутствие тренда к росту внебюджетной составляющей)

Примечание: для разрыва 4 соотносимым конструктом является устойчивость финансовой модели, а не одна из предложенных трёх форм экстенсивного роста.

Следует подчеркнуть, что предложенное в таблице 1 сопоставление разрывов с формами экстенсивного роста и территориальной асимметрией является авторской аналитической интерпретацией, а не прямым эмпирическим доказательством наличия этих феноменов. Каждый из разрывов был сформулирован авторами настоящей статьи на основе независимых источников; соотнесение их с теоретическими конструктами выполнено логическим, а не статистическим методом. Поэтому таблица 1 иллюстрирует возможность интерпретации выявленных разрывов в рамках предложенной понятийной схемы, но не подтверждает эмпирическую валидность предложенных форм экстенсивного роста как единственно возможной интерпретации. Кроме того, использованные источники не позволяют судить о динамике отдельных форм экстенсивного роста в долгосрочном периоде (например, как менялась загруженность

объектов или доля внебюджетных расходов десятилетиями), что накладывает ограничения на генерализацию выводов.

В дополнение к статичной фиксации разрывов (таблица 1) на рисунке 1 представлена авторская гипотетическая схема возможных связей между явлениями экстенсивного роста, территориальной асимметрии и финансовой зависимости. Схема иллюстрирует одну из потенциальных конфигураций, в которой эти явления могут быть логически сопряжены друг с другом.

Представленная схема не является эмпирически верифицированной моделью, а представляет собой авторскую интерпретацию потенциальных связей между описанными в статье разрывами. Её задача визуализировать ловушку, в которую может попасть региональная система, если меры по наращиванию бюджетного финансирования и вводу новых объектов не сопровождаются параллельной работой по стимулированию спроса, снижению территориальных барьеров и диверсификации источников финансирования. Данный сценарий должен быть предотвращён путём перехода от количественного наращивания ресурсов к качественным изменениям в управлении, структуре потребления и пространственном выравнивании доступности услуг.

Рисунок 1 – Гипотетическая схема взаимосвязей экстенсивного роста, территориальной асимметрии и бюджетной зависимости в сфере спортивных услуг (авторская интерпретация)

Для научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика сферы услуг) значимость данного исследования связана с тем, что оно обращает внимание на ограниченность оценки сферы услуг по объёмным показателям. Предложенные формы экстенсивного роста позволяют отличать количественное наращивание ресурсов от реальной эффективности. Выявление разрывов между бюджетом и спросом, инфраструктурой и загрузкой и т.д. даёт инструмент для диагностики системных сбоев в социально ориентированных отраслях. Описанная на рисунке 1 гипотетическая ловушка демонстрирует, как экстенсивный рост и асимметрия могут закрепляться, что важно для анализа региональных рынков услуг. Таким образом, работа предлагает аналитическую рамку, применимую не только к спорту, но и к другим отраслям с высоким бюджетным участием и территориальными диспропорциями.

Литература

1. Можелев Е. А. Сущность, виды спортивных услуг и их взаимосвязь с другими услугами / Е. А. Можелев // Российские регионы: взгляд в будущее. – 2020. – Т. 7, № 4. – С. 117-127.

2. Дроботов, С. Е. Проблемы развития сферы физкультурно- спортивных услуг в условиях глобализации / С. Е. Дроботов // Журнал правовых и экономических исследований. – 2013. – № 2. – С. 184-186.

3. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definitionof the concept "Sports service" in modern so-cio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – Pp. 92-94.

4. Инфраструктурные ограничения предоставления услуг физкультуры и спорта в регионах России / В. С. Антонюк, С. А. Никифоров, Н. А. Сигатова [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25, № S1. – С. 169-178.

5. Счетная палата РФ. Расходы в 2023-2025 годах на спортивную инфраструктуру сочли низко эффективной [Электронный ресурс] // Ассоциация сибирских и дальневосточных городов: официальный сайт. – 14.11.2025. – URL: https://portal1.asdg.ru/sections/prob/novosti.php?print=Y&ELEMENT_ID=390330&SECTION_ID= (дата обращения: 10.05.2026).

6. «Около 550 млрд рублей тратятся субъектами РФ на спорт. Надо посмотреть на эффективность расходования средств» — Левитин [Электронный ресурс] // Matchtv.ru: сетевое издание. – 12.04.2024. – URL: https://matchtv.ru/sobytija/matchtvnews_NI2041303_Okolo_550_mlrd_rublej_tratatsa_subjektami_RF_na_sport_Nado_posmotret_na_effektivnost_raskhodovanija_sredstv__Levitin (дата обращения: 10.05.2026).

7. Михаил Дегтярев: Физкультурой и спортом в стране занимаются 93,4% детей [Электронный ресурс] // Stadium.ru: сайт о спорте. – 26.05.2025. – URL: https://www.stadium.ru/news/26-05-2025-mihail-degtyarev-fizkulturoi-i-sportom-v-strane-zanimayutsya-93-4-detei (дата обращения: 10.05.2026).

8. Аркалов, Д. П. Уровень жизни и спрос на спорт / Д. П. Аркалов // Государственное управление. Электронный вестник. – 2025. – № 111. – С. 22-38.

9. Крамин, Т. В. Влияние негосударственного сектора физической культуры и спорта на качество жизни населения и социально-экономическое развитие регионов России / Т. В. Крамин, М. Р. Мифтахов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2025. – Т. 21, № 11. – С. 150-164.

10. Сафонов, И. В. Проблемы региональной доступности отдельных видов спорта для граждан / И. В. Сафонов // Журнал прикладных исследований. – 2025. – № S2. – С. 83-88.

11. Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 г. Docs.cntd.ru. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/566430492 (дата обращения: 10.05.2026).

12. Богомолов, Г. В. Анализ финансового обеспечения сферы физической культуры и спорта на основе данных федерального статистического наблюдения / Г. В. Богомолов, К. А. Орлов, Ю. М. Прокопенкова // Экономика и управление в спорте. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 11-26.

The three-component structure of sports services and industry development gaps: an interpretation of extensive growth and territorial asymmetry

Khabarov D.A., Sobolevskaya O.V.
State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article proposes a three-component definition of sports services, combining economic, socio-functional, and sustainability dimensions. Based on a literature review, four empirical gaps are identified: between infrastructure expansion and underutilization of facilities; between increased budgetary funding and the lack of a direct link to effective demand; between the potential of the private sector and persistent territorial asymmetry in accessibility; and between the strategic target for the share of extra-budgetary funds and the actual stagnation of their volumes. The authors provide a logical interpretation of the identified gaps as manifestations of extensive growth and spatial disparities. A hypothetical diagram is constructed illustrating a "trap" in which a quantitative increase in resources without qualitative changes perpetuates budgetary dependence and territorial inequality. The results contribute to the theoretical substantiation of the sports services sector as a factor in the long-term sustainability of regions, since the proposed three-component service model and the interpretation of gaps through extensive growth and territorial asymmetry make it possible to diagnose the systemic risks of entrenching budget dependence and spatial inequality, which corresponds to the scientific specialty 5.2.3. Regional and sectoral economics (service sector economics).

Keywords: sports services, three-component structure, extensive growth, territorial asymmetry, gaps, budget dependence, regional sustainability.

References

1. Mozhelev, E. A. The Nature, Types of Sports Services and Their Relationship with Other Services / E. A. Mozhelev // Russian Regions: A Look into the Future. – 2020. – T. 7, No. 4. – Pp. 117-127.

2. Drobotov, S. E. Problems of Development of the Sphere of Physical Culture and Sports Services in the Context of Globalization / S. E. Drobotov // Journal of Legal and Economic Studies. - 2013. - No. 2. - Pp. 184-186.
3. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definitionof the concept "Sports service" in modern so-cio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – Pp. 92-94.
4. Infrastructure limitations in the provision of physical education and sports services in the regions of Russia / V. S. Antonyuk, S. A. Nikiforov, N. A. Sigatova [et al.] // Man. Sport. Medicine. - 2025. - Vol. 25, No. S1. - Pp. 169-178.
5. Court of Accounts of the Russian Federation. Expenditures on sports infrastructure in 2023-2025 were considered ineffective [Electronic resource] // Association of Siberian and Far Eastern Cities: official website. – 14.11.2025. - URL: https://portal1.asdg.ru/sections/prob/novosti.php?print=Y&ELEMENT_ID=390330&SECTION_ID= (date of access: 10.05.2026).
6. "About 550 billion rubles are spent by the constituent entities of the Russian Federation on sports. We need to look at the efficiency of spending" — Levitin [Electronic resource] // Matchtv.ru: online publication. - 12.04.2024. - URL: https://matchtv.ru/sobytija/matchtvnews_NI2041303_Okolo_550_mlrd_rublej_tratatsa_subjektami_RF_na_sport_Nado_posmotret_na_effektivnost_raskhodovanija_sredstv__Levitin (date of access: 10.05.2026).
7. Mikhail Degtyarev: 93.4% of children in the country are involved in physical education and sports [Electronic resource] // Stadium.ru: website about sports. - 26.05.2025. – URL: https://www.stadium.ru/news/26-05-2025-mihail-degtyarev-fizkulturoi-i-sportom-v-strane-zanimayutsya-93-4-detei (date of access: 10.05.2026).
8. Arkalov, D. P. Standard of Living and Demand for Sports / D. P. Arkalov // Public Administration. Electronic Bulletin. - 2025. - No. 111. - Pp. 22-38.
9. Kramin, T. V. The Impact of the Non-State Sector of Physical Culture and Sports on the Quality of Life of the Population and the Socio-Economic Development of Russian Regions / T. V. Kramin, M. R. Miftakhov // National Interests: Priorities and Security. - 2025. - Vol. 21, No. 11. - Pp. 150-164.
10. Safonov, I. V. Problems of regional accessibility of individual sports for citizens / I. V. Safonov // Journal of Applied Research. - 2025. - No. S2. - Pp. 83-88.
11. Strategy for the Development of Physical Culture and Sports in the Russian Federation for the Period up to 2030. Docs.cntd.ru. [Electronic resource]. URL: https://docs.cntd.ru/document/566430492 (date of access: 10.05.2026).
12. Bogomolov, G. V. Analysis of financial support for physical culture and sports based on federal statistical observation data / G. V. Bogomolov, K. A. Orlov, Yu. M. Prokopenkova // Economics and Management in Sports. - 2024. - Vol. 4, No. 1. - Pp. 11-26.

Анализ развития АПК РФ

Халяпин Алексей Алексеевич
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, wamp__1@rambler.ru

В статье проведён анализ развития агропромышленного комплекса Российской Федерации за период 2005–2024 гг. с особым вниманием к Южному федеральному округу и Краснодарскому краю. Рассмотрены динамика производства сельскохозяйственной продукции, валового сбора зерна, поголовья скота, производства мяса, молока, а также индексы цен производителей. Выявлены положительные тенденции: рост объёмов производства в целом по стране, достижение пороговых значений продовольственной независимости по ряду продуктов. В то же время отмечено снижение показателей в ЮФО и Краснодарском крае после 2022 года, связанное с деградацией почв, зависимостью от импортных семян, вспышками африканской чумы свиней, логистическими проблемами и санкционным давлением. Особое внимание уделено причинам сокращения поголовья скота и производства продукции животноводства. Сделан вывод о необходимости дальнейшей модернизации отрасли и усиления государственной поддержки.
Ключевые слова: АПК, продовольственная безопасность, Южный федеральный округ, Краснодарский край, производство зерна, животноводство, инвестиции, государственная поддержка, импортозамещение.

Главная задача агропромышленного комплекса состоит в максимальном удовлетворении потребностей населения в продуктах питания и товарах народного потребления. Агропромышленный комплекс Российской Федерации создает около 30% национального дохода, а потребительский рынок в стране более чем на 70% формируется за счет продовольствия и товаров, изготовленных из сельскохозяйственного сырья.

Основной задачей агропромышленного комплекса является наращивание объемов производства и переработки высококачественной сельскохозяйственной продукции для обеспечения потребностей населения регионов России в полном объеме и продовольственной независимости от импорта.

Российская Федерация достигла пороговых значений показателей продовольственной независимости, установленных Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года №20, по многим ключевым видам сельскохозяйственной продукции. Превышены индикаторы в отношении зерна – 170,5% (индикатор – 95%), мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) – 101,5% (индикатор – 85%), сахара – 108,5% (индикатор – 90%), растительного масла – 226,9% (индикатор – 90%), рыбы и рыбопродуктов (в живом весе – весе сырца) – 165,6% (индикатор – 85%), картофеля – 97,0% (индикатор – 95%).

Производство сельскохозяйственной продукции в хозяйствах всех категорий в РФ стабильно наращивает темы и за последние 20 лет выросло на 70401,9 млрд. руб., достигнув в 2024 г. значения в 8902,9 млрд. руб. (рис. 1). Этому способствовало:

1. Принятие Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» и Доктрины продовольственной безопасности. Позже к ним добавились четыре госпрограммы, нацеленные на развитие сельхозпроизводств, рыбных комплексов, мелиорации, сельских территорий, а также вовлекающие в оборот земли сельхозназначения;

2. Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, что стало следствием благоприятных погодных условий и технической и технологической модернизации, основанной на применении лучших мировых достижений;

3. Развитие животноводства. Например, мясное направление удвоило показатели, с 2022 года Россия вышла на полную обеспеченность, и 85% объёма даёт промышленный сектор;

4. Расширение географии поставок. Если два десятилетия назад продукцию почти всегда поставляли в страны СНГ, то теперь ощутимые объёмы идут в Южную Америку, Африку и Юго-Восточную Азию;

5. Государственная поддержка. Финансирование отраслевых госпрограмм ежегодно растёт.

Рисунок 1 – Динамика производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах всех категорий, млрд. руб.
Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

По ЮФО и Краснодарскому краю ситуация иная: до 2022 г. наблюдается рост на 1257,1 млрд. руб. и 556,1 млрд. руб. соответственно, а затем за 2023-2024 гг. падение на 156,5 млрд. руб. и 61,1 млрд руб. соответственно, что является негативным моментом.

Республики Адыгея и Калмыкия, а также Астраханская область, наоборот, показывают постоянный рост данного показателя.

К сожалению, наблюдается снижение валового сбора зерна в хозяйствах всех категорий в РФ и ЮФО за 2020-2024 гг. на 8 млн. т и 188,5 тыс. т соответственно.

По ЮФО за этот период наблюдается спад данного показателя у Республики Адыгея - на 18,0%, Волгоградской и Ростовской областей - на 21,4% и 8,2% соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Валовой сбор зерна (в весе после доработки) в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Показатель	Годы								2024 г. к 2020 г., %	2024 г. к 2010 г., %	2024 г. к 2005 г., %
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024			
Российская Федерация, млн. т	78,0	60,9	104,3	133,0	121,4	153,8	142,6	125,0	94,0	205,3	160,3
Южный федеральный округ	26655,8	18770,7	27269,3	31950,2	35192,1	40818,7	39840,5	31761,7	99,4	169,2	119,2
Республика Адыгея	300,8	437,5	638,9	735,4	654,9	616,2	559,2	602,9	82,0	137,8	200,4
Республика Калмыкия	342,3	274,5	345,4	584,0	599,0	707,3	806,6	742,9	127,2	270,6	217,0
Республика Крым	-	-	-	905,1	1411,8	1916,4	2040,0	1421,8	157,1	-	-
Краснодарский край	8206,8	9942,8	13708,0	12105,0	14794,1	15431,3	13975,8	13462,0	111,2	135,4	164,0
Астраханская область	42,7	43,8	30,8	46,8	63,0	80,8	65,5	76,9	164,3	175,6	180,1
Волгоградская область	3579,4	1498,8	2922,1	5110,8	4125,7	7000,4	6282,3	4015,1	78,6	267,9	112,2
Ростовская область	6244,4	6573,2	9624,2	12462,5	13512,5	15065,1	16109,9	11439,0	91,8	174,0	183,2
г. Севастополь	-	-	-	0,6	1,2	1,4	1,3	1,0	166,7	-	-

Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

**В состав ЮФО в 2005 г. еще входили р. Дагестан, р. Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская Республика, республика Северная Осетия-Алания, Чеченская республика и Ставропольский край*

В целом за 2005-2024 гг. наблюдается рост у РФ - на 60,3%, ЮФО - на 19,2%, Республики Адыгея - на 100,4%, Республики Калмыкия - на 117,0%, Краснодарского края - на 64,0%, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей - на 80,1%, 12,2% и 83,2% соответственно.

Таблица 2 показала, что за период 2005-2024 гг. общее поголовье скота в Российской Федерации сократилось на 23,4% (с 21,4 до 16,4 млн голов). В Южном федеральном округе снижение составило 40% (с 3680,2 до 2208,8 тыс. голов), причём наиболее резкое падение пришлось на 2005–2010 гг. Среди регионов ЮФО устойчивый рост показали Астраханская область (в 1,5 раза), Волгоградская область (сохранение уровня с небольшим ростом) и Ростовская область (+10,7% к 2005 г.). Республика Калмыкия увеличила поголовье на 33,9% за весь период, однако после 2010 г. наблюдается значительный спад. Наиболее тревожная ситуация в Республике Адыгея (сокращение на 27,2% к 2005 г. и на 32,3% к 2020 г.) и Краснодарском крае (снижение на 18,5% за 20 лет). Республика Крым и Севастополь демонстрируют отрицательную динамику с 2020 г. Таким образом, несмотря на локальные успехи отдельных регионов, в целом по ЮФО и РФ прослеживается устойчивая тенденция к уменьшению поголовья скота.

Таблица 2

Поголовье скота в хозяйствах всех категорий, тыс. гол.

Показатель	Годы								2024 г. к 2020 г., %	2024 г. к 2010 г., %	2024 г. к 2005 г., %
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024			
Российская Федерация, млн голов	21,4	20,0	19,0	18,1	17,7	17,5	17,1	16,4	90,6	82,0	76,6
Южный федеральный округ	3680,2	2281,7	2260,4	2318,1	2261,3	2274,6	2271,5	2208,8	95,3	96,8	60,0
Республика Адыгея	43,7	48,2	46,8	47,0	44,1	41,5	40,8	31,8	67,7	66,0	72,8
Республика Калмыкия	221,8	457,0	499,3	359,1	297,8	298,2	308,6	297,0	82,7	65,0	133,9
Республика Крым	-	-	-	101,1	98,1	95,2	88,8	84,0	83,1	-	-
Краснодарский край	675,4	650,4	538,0	548,4	558,9	566,0	563,8	550,3	100,3	84,6	81,5
Астраханская область	192,8	244,0	275,6	294,4	294,4	294,5	294,6	294,6	100,1	120,7	152,8
Волгоградская область	348,5	313,9	310,7	341,9	342,7	350,1	348,2	349,8	102,3	111,4	100,4
Ростовская область	542,4	568,3	590,0	625,1	624,1	628,2	625,9	600,3	96,0	105,6	110,7
г. Севастополь	-	-	-	1,2	1,2	0,9	0,9	1,0	83,3	-	-

Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

**В состав ЮФО в 2005 г. еще входили р. Дагестан, р. Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская Республика, республика Северная Осетия-Алания, Чеченская республика и Ставропольский край*

Причины данных тенденций:

1. В России:

- особенности производства скота и говядины. Необходимы значительные инвестиции, долгие сроки окупаемости, нужны большие объёмы дешёвых оборотных средств;

- неэффективная структура отрасли. Более 37% скота содержится в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ), при этом поголовье личных хозяйств сокращается из-за негативных демографических процессов, наличия альтернативных источников доходов;

- высокая себестоимость. На неё влияют, например, отсутствие контроля категорийности живого скота, присутствие на рынке перекупщиков, создающих нездоровую конкуренцию;

- отсутствие достаточного количества откормочных площадок и транспорта для перевозки скота, высокая стоимость транспортировки, большие затраты на ветеринарию и корма, особенно в условиях санкционного давления;

2. В Южном федеральном округе:

- длительность производственного цикла и низкая рентабельность продукции мясного скотоводства;

- убыточность производства молока из-за сложившегося диспаритета цен на продукцию отрасли молочного скотоводства и продукцию переработки, неудовлетворительное состояние породного состава стада, необеспеченность сбалансированными кормами;

- сокращение числа занятых в смежных отраслях производства (ветеринария, механизация, кормопроизводство и др.);

- старение сельских территорий - происходит отток молодого населения в города, а пожилым людям становится всё сложнее заниматься сельским хозяйством;

3. В Краснодарском крае:

- рост себестоимости производства молока. В 2023 году произошло падение закупочных цен на молоко, что привело к снижению рентабельности и, как следствие, ускоренной выбраковке коров и сокращению поголовья;

- снижение численности свиней связано с выявлением очагов африканской чумы свиней в Каневском районе.

Производство свиней в хозяйствах всех категорий в РФ выросло за 2005-2024 гг. на 109,0%, а в ЮФО упало - на 37,5%, в том числе в Краснодарском крае - на 51,2%, в р. Калмыкия, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях - на 80,3%, 97,6%, 48,3% и 58,5% соответственно (рис. 2). Хотя в р. Адыгея наблюдается рост на 173,2%. По р. Крым и г. Севастополь за 2020-2024 гг. наблюдается падение данного показателя на 5,8% и до 0,0% соответственно, что является негативным моментом.

Причинами данных тенденций были следующие:

1. Рост цен на корма в 2007 году. Это привело к повышению себестоимости производства свинины, и производители выбирали сокращение поголовья, чтобы работать в убыток;

2. Вспышки африканской чумы свиней (АЧС), в частности в 2023 году. Из-за серии вспышек осенью того года в семи районах Краснодарского края было ликвидировано 57 тысяч свиней, и в годовом исчислении их поголовье сократилось на 13%;

2. По данным на 1 января 2024 года, в сельхозпредприятиях поголовье свиней уменьшилось на 83,8 тыс. голов (на 13,1%), а в хозяйствах населения — на пять голов (на 0,4%).

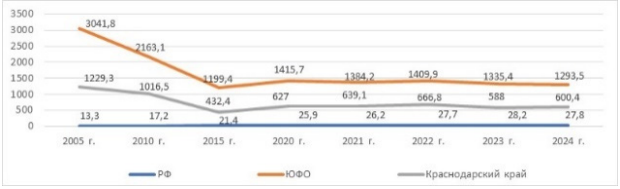


Рисунок 2 – Динамика поголовья свиней в хозяйствах всех категорий, тыс. голов
Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

Производство скота и птицы в хозяйствах всех категорий в РФ выросло за 2005-2024 гг. на 22,4%, в ЮФО - на 8,0%, в том числе в Р. Адыгея - на 49,2%, Р. Калмыкия - на 35,9%, Краснодарском крае - на 38,1%, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях - на 95,5%, 23,2% и 61,4% соответственно (рис. 4 и табл. 3). По р. Крым и г. Севастополь за 2020-2024 гг. наблюдается падение данного показателя на 4,9% и 42,9% соответственно, что является негативным моментом. По РФ и ЮФО виден спад этого показателя в 2010-2015 гг. При этом по ЮФО спад наблюдался только в 2015 г. по Краснодарскому краю.

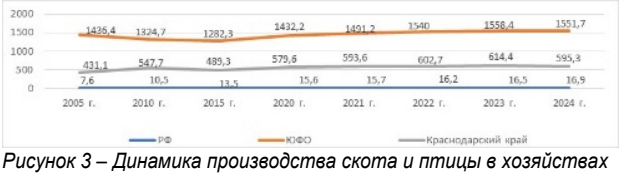


Рисунок 3 – Динамика производства скота и птицы в хозяйствах всех категорий, тыс. голов
Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

Производство молока в хозяйствах всех категорий в РФ выросло за 2005-2024 гг. на 10,0%, а в ЮФО снизилось на 12,2%, в том числе в Р. Калмыкия - на 49,9%, хотя в Р. Адыгея, Краснодарском крае, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях наблюдается рост на 31,6%, 32,9%, 27,2%, 27,7%, и 27,0% соответственно (рис. 4).

Рисунок 4 – Динамика производства молока в хозяйствах всех категорий, тыс. гол.
Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

Таблица 3
Производство скота и птицы в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Показатель	Годы								2024 г. к 2020 г., %	2024 г. к 2010 г., %	2024 г. к 2005 г., %
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024			
Российская Федерация, млн т	7,6	10,5	13,5	15,6	15,7	16,2	16,5	16,9	108,3	161,0	222,4
Южный федеральный округ	1436,4	1324,7	1282,3	1432,2	1491,2	1540,0	1558,4	1551,7	108,3	117,1	108,0
Республика Адыгея	25,0	44,2	58,7	33,2	34,1	31,4	37,3	37,3	112,3	84,4	149,2
Республика Калмыкия	42,3	85,2	124,3	130,8	118,0	100,5	99,0	99,8	76,3	117,1	235,9
Республика Крым	-	-	-	145,1	143,1	130,1	121,6	138,0	95,1	-	-
Краснодарский край	431,1	547,7	489,3	579,6	593,6	602,7	614,4	595,3	102,7	108,7	138,1
Астраханская область	37,6	59,0	70,4	72,5	72,7	72,8	72,8	73,5	101,4	124,6	195,5
Волгоградская область	171,7	210,0	211,0	217,3	217,0	220,9	219,1	211,5	97,3	100,7	123,2
Ростовская область	245,4	378,6	328,6	253,1	312,2	381,0	393,7	396,0	156,5	104,6	161,4
г. Севастополь	-	-	-	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	57,1	-	-

Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики
**В состав ЮФО в 2005 г. еще входили р. Дагестан, р. Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская Республика, республика Северная Осетия-Алания, Чеченская республика и Ставропольский край*

Индексы цен производителей сельскохозяйственной продукции в РФ, ЮФО, в том числе всех его составных частей показывают постоянный рост за исключением 2022 г., когда везде наблюдается падение (рис. 5 и табл. 4) вследствие:

- экспортных ограничений. Снижение цен произошло на фоне рекордного урожая зерновых, что привело к увеличению предложения на внутреннем рынке;

- роста затрат. Аграрии столкнулись с увеличением себестоимости производства, в том числе из-за роста цен на семенной материал, топливо и комплектующие для сельхозтехники;

- проблем с логистикой. Санкционное нарушение логистических цепочек, в частности, проявлялось в сложностях с фрахтованием судов, страхованием грузов и платежами;

- сложных погодных условий. Во время уборки урожая они привели к снижению качества продукции;

- сложностей с импортозамещением. Некоторые производственные ресурсы были недоступны, что потребовало изменений в технологиях.

Рисунок 5 – Динамика индексов цен производителей сельскохозяйственной продукции, в % к концу предыдущего периода
Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

Проведённое исследование динамики агропромышленного комплекса Российской Федерации за период 2005-2024 гг. позволяет сделать неоднозначные, но крайне показательные выводы. С одной стороны,

Россия уверенно достигла и превысила пороговые значения Доктрины продовольственной безопасности по зерну, мясу, сахару, растительному маслу и рыбе. Производство сельхозпродукции в хозяйствах всех категорий за двадцать лет возросло почти в шесть раз, что стало результатом системной государственной поддержки, технологической модернизации, расширения географии экспорта и благоприятной конъюнктуры в отдельные годы.

Однако за общероссийскими успехами скрываются тревожные региональные тенденции, особенно характерные для Южного федерального округа - традиционной житницы страны. Начиная с 2022 года в ЮФО и Краснодарском крае фиксируется спад производства сельхозпродукции, валового сбора зерна, поголовья крупного рогатого скота и свиней. Причины носят системный характер: деградация почв, критическая зависимость от импортных семян (сахарная свёкла - 100%, овощи открытого грунта - 90%), высокая закредитованность и недостаток оборотных средств для инноваций, эпидемии африканской чумы свиней, диспаритет цен на молоко и мясо, а также кадровое старение села. Особую тревогу вызывает падение индекса цен производителей в 2022 году на фоне рекордных урожаев: экспортные ограничения, логистический коллапс и рост издержек обрушили рентабельность аграриев.

Таблица 4

Индексы цен производителей сельскохозяйственной продукции, в % к концу предыдущего периода

Показатель	Годы								2024 г. к 2020 г., ±	2024 г. к 2010 г., ±	2024 г. к 2005 г., ±
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024			
Российская Федерация, млн т	103,0	123,6	108,5	113,1	113,6	95,9	109,1	105,9	-7,2	-17,7	2,9
Южный федеральный округ	97,3	122,9	120,9	121,6	109,9	94,4	107,5	108,1	-13,5	-14,8	10,8
Республика Адыгея	104,2	120,5	124,3	110,7	110,6	87,7	109,9	107,9	-2,8	-12,6	3,7
Республика Калмыкия	111,9	113,0	115,6	101,9	100,8	101,3	102,2	103,6	1,7	-9,4	-8,3
Республика Крым	-	-	-	112,3	100,2	98,5	112,6	111,2	-1,1	-	-
Краснодарский край	102,5	120,8	123,6	122,8	110,7	98,3	108,2	106,9	-15,9	-13,9	4,4
Астраханская область	90,5	116,6	110,9	82,8	105,0	84,9	143,3	96,4	13,6	-20,2	5,9
Волгоградская область	89,8	133,0	114,8	122,5	111,4	83,8	106,6	107,5	-15,0	-25,5	17,7
Ростовская область	91,3	123,8	116,1	122,8	109,0	89,6	102,4	111,8	-11,0	-12,0	20,5
г. Севастополь	-	-	-	106,2	124,8	101,7	91,8	104,1	-2,1	-	-

Источник: составлено автором по данным Федеральной службы государственной статистики

**В состав ЮФО в 2005 г. еще входили р. Дагестан, р. Ингушетия, Кабардино-Балкарская республика, Карачаево-Черкесская Республика, республика Северная Осетия-Алания, Чеченская республика и Ставропольский край*

Исходя из выявленных проблем, назрела необходимость в комплексе неотложных мер.

Во-первых, требуется форсированное импортозамещение семенного материала - создание отечественных селекционно-семеноводческих центров с государственным финансированием.

Во-вторых, важно запустить льготную программу обновления парка сельхозтехники (через лизинг и субсидирование первоначального взноса) с акцентом на малые и средние хозяйства.

В-третьих, необходимо развивать логистическую инфраструктуру: строительство современных зернохранилищ, перевалочных терминалов на юге России, систематизация кооперации мелких товаропроизводителей с крупными ритейлерами для справедливого ценообразования.

В-четвёртых, в животноводстве - ужесточение биозащиты от АЧС, введение субсидий на комбикорма и ветеринарное сопровождение, а также страхование поголовья от эпизоотий. В-пятых, необходимы прикладные научные исследования по адаптации цифровых технологий (точное земледелие, биотехнологии) к условиям ЮФО, с обязательной практической апробацией в агрохозяйствах.

Без перечисленных шагов риски деградации агропромышленного комплекса юга России могут нивелировать общенациональные успехи и подорвать продовольственную безопасность страны. Только сочетание макроэкономической поддержки, адресных региональных программ и технологического прорыва позволит АПК РФ не только сохранить, но и приумножить свой экспортный и социальный потенциал.

Литература

1. Адаменко. А.А. Условия работы АПК Краснодарского края в современных экономических реалиях / А.А. Адаменко, А.А. Храмченко, И.В. Павлоградский, А.А. Войтиков // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 1(60). – С. 13-20. – EDN XLHLPM.
2. Арутюнян Ю. И., Мамбетова А. А., Чечулин А. А. // Корреляционно-регрессионный анализ выпуска продукции сельского хозяйства Краснодарского края // Экономика и предпринимательство. 2024. № 11 (172). С. 1203-1208. URL: http://www.intereconom.com/rekviziti/11-2024/200-55%20Арутюнян_Мамбетова_Чечулин.pdf. EDN: AKUBND.
3. Гармашова Е.П., Кутовой В.С. Анализ тенденций развития сельскохозяйственной отрасли Краснодарского края // Экономика, предпринимательство и право. - 2023. - Том 13. - № 8. - С. 2963-2974. EDN: OJRVCR.
4. Мониторинг и оценка развития сельского хозяйства Краснодарского края / А. А. Халяпин, Т. Р. Кобец, А. А. Мамбетова, А. А. Чечулин // Учет и контроль. – 2025. – Т. 1, № 9. – С. 52-65. – DOI 10.36871/u.i.k.2025.09.01.006. – EDN DNGFUK.
5. Оценка эффективности государственной инвестиционной политики сельского хозяйства Краснодарского края / А. А. Халяпин, Д. В. Фролов, М. А. Мордовин, Е. А. Полторацкий // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 2(175). – С. 153-159. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.025. – EDN LXNBNJ.
6. Прогнозы и сценарии развития отраслей АПК России / А. А. Халяпин, А. Д. Красуля, Т. А. Тарчоков, Н. С. Шукалов // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 2(175). – С. 681-687. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.123. – EDN YKLZHU.
7. Санникова А.Б. Особенности регионального управления развитием сельского хозяйства в краснодарском крае // Фундаментальные исследования. - 2020. - № 5. - с. 155-159. EDN: DXNROY.
8. Халяпин, А. А. Оценка инвестиционного риска при реализации инвестиционных проектов / А. А. Халяпин, Т. В. Стрельцова, П. А. Захарченко // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2(46). – С. 316-322. – EDN XTZRBF.
9. Gayduk, V. Theoretical Aspects of State Regulation of Agrarian and Industrial Complex / V. Gayduk, A. Khaliapin // E3S Web of Conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2024), Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilina, 23–24 января 2024 года. Vol. 493. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01016. – DOI 10.1051/e3sconf/202449301016. – EDN XJVEWO.
10. Developing responsible investment principles under the transformation of the concept of sustainable development / I. Silchenkov, E. Akhmetshin, Ya. Zolotova [et al.] // Revista Juridica. – 2024. – Vol. 1, No. 77. – P. 722-736. – DOI 10.26668/revistajur.2316-753X.v1i77.6656. – EDN EZHTCJ.

Analysis of the Development of the Russian Agro-Industrial Complex

Khalyapin A.A.

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article analyzes the development of the agro-industrial complex in the Russian Federation for the period 2005–2024, with a special focus on the Southern Federal District and the Krasnodar Territory. It examines the dynamics of agricultural production, gross grain harvest, livestock numbers, meat and milk production, as well as producer price indices. The article identifies positive trends, such as increased production volumes across the country and the achievement of food independence thresholds for several products. At the same time, there has been a decrease in indicators in the Southern Federal District and the Krasnodar Territory since 2022, which is associated with soil degradation, dependence on imported seeds, outbreaks of African swine fever, logistical problems, and sanctions pressure. Special attention is paid to the reasons for the decline in livestock numbers and the production of animal products. It is concluded that further modernization of the industry and increased government support are necessary.

Keywords: agro-industrial complex, food security, Southern Federal District, Krasnodar Territory, grain production, animal husbandry, investments, government support, import substitution.

References

1. Adamenko, A.A. Working conditions of the agro-industrial complex of the Krasnodar Territory in modern economic realities / A.A. Adamenko, A.A. Khramchenko, I.V.

Pavlogradsky, A.A. Voitikov // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2024. – № 1(60). – Pp. 13-20. – EDN XLHLPM.
2. Arutyunyan Yu. I., Mambetova A. A., Chechulin A. A. // Correlation and Regression Analysis of Agricultural Output in the Krasnodar Territory // Economics and Entrepreneurship. 2024. No. 11 (172). Pp. 1203-1208. URL: http://www.intereconom.com/rekviziti/11-2024/200-55%20Arutyunyan_Mambetova_Chechulin.pdf. EDN: AKUBND.
3. Garmashova E.P., Kutovoy V.S. Analysis of Trends in the Development of the Agricultural Sector in the Krasnodar Territory // Economics, Entrepreneurship, and Law. - 2023. - Vol. 13. - No. 8. - Pp. 2963-2974. EDN: OJRVCR.
4. Monitoring and Assessment of Agricultural Development in the Krasnodar Territory / A. A. Khalyapin, T. R. Kobets, A. A. Mambetova, and A. A. Chechulin // Accounting and Control. – 2025. – Vol. 1, No. 9. – Pp. 52-65. – DOI 10.36871/u.i.k.2025.09.01.006. – EDN DNGFUK.
5. Evaluation of the Effectiveness of the State Investment Policy in the Agriculture of the Krasnodar Territory / A. A. Khalyapin, D. V. Frolov, M. A. Mordovin, and E. A. Poltoratsky // Economics and Entrepreneurship. – 2025. – No. 2(175). – Pp. 153-159. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.025. – EDN LXNBNJ.
6. Forecasts and scenarios for the development of Russia's agro-industrial complex / A. A. Khalyapin, A. D. Krasulya, T. A. Tarchokov, and N. S. Shukalov // Economics and Entrepreneurship. – 2025. – No. 2(175). – Pp. 681-687. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.123. – EDN YKLZHU.
7. Sannikova A.B. Features of regional management of agricultural development in the Krasnodar Territory // Fundamental Research. - 2020. - No. 5. - p. 155-159. EDN: DXNROY.
8. Khalyapin, A. A. Assessment of investment risk in the implementation of investment projects / A. A. Khalyapin, T. V. Streltsova, P. A. Zakharenko // Natural and Humanitarian Research. – 2023. – No. 2(46). – Pp. 316-322. – EDN XTZRBF.
9. Gayduk, V. Theoretical Aspects of State Regulation of Agrarian and Industrial Complex / V. Gayduk, A. Khaliapin // E3S Web of Conferences : In-ternational Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Re-search (ABR 2024), Kuban State Agrarian University named after. I.T. Trubilina, 23-24 января 2024 года. Vol. 493. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2024. – P. 01016. – DOI 10.1051/e3sconf/202449301016. – EDN XJVEWO.
10. Developing responsible investment principles under the transfor-mation of the concept of sustainable development / I. Silchenkov, E. Akhmetshin, Ya. Zolotova [et al.] // Revista Juridica. – 2024. – Vol. 1, No. 77. – P. 722-736. – DOI 10.26668/revistajur.2316-753X.v1i77.6656. – EDN EZHTCJ.

Учет гетерогенности регионов в региональном прогнозировании с использованием науки о данных

Чупин Евгений Александрович
аспирант, факультет «Региональная и отраслевая экономика», Университет мировых цивилизаций

В статье обоснована необходимость учёта гетерогенности регионов России при социально-экономическом прогнозировании. Показано, что традиционные усреднённые модели снижают точность прогнозов и ведут к неэффективному распределению ресурсов. Предложен подход на основе Data Science, включающий кластеризацию, пространственную статистику и машинное обучение. Показано, что использование разнородных данных и адаптивных моделей позволяет повысить обоснованность управленческих решений и точность прогнозов для кластеров схожих регионов.
Ключевые слова: региональная гетерогенность, Data Science, машинное обучение, кластеризация регионов, пространственная статистика, социально-экономическое развитие, прогнозные модели.

Актуальность темы исследования обусловлена существенной неоднородностью социально-экономического пространства Российской Федерации. Каждый регион обладает уникальной структурой экономики, историческим наследием, природно-ресурсным потенциалом и уровнем развития человеческого капитала. Такие различия формируют гетерогенность регионов, которая представляется, по мнению многих исследователей [7, 8, 10], важной проблемой при построении прогнозных моделей.

Традиционные методы регионального прогнозирования зачастую опираются на усредненные показатели и не учитывают специфику отдельных территорий [4, 9]. Подобные подходы часто приводят к снижению точности прогнозов, искажению оценки рисков и неэффективному распределению ресурсов [6, 12]. Данную ситуацию дополняют условия нарастающей цифровой трансформации и накопления массивов данных, которые приводят к возникновению объективной необходимости переосмысления методологических подходов к прогнозированию. Целью данной статьи является обоснование необходимости учета региональной гетерогенности при построении прогнозных моделей развития регионов и демонстрация возможностей экосистем Data Science в решении этой задачи.

Гетерогенность регионов России проявляется как комплексная разнородность, охватывающая целый спектр взаимосвязанных характеристик [11]. В основе различий лежат природно-географические и ресурсные факторы: регионы существенно отличаются по климату, рельефу, доступности природных богатств. Наличие месторождений полезных ископаемых, плодородных земель или водных ресурсов изначально задает разные стартовые условия для экономического развития и формирует отраслевую специализацию территорий. Помимо этого, географическое положение определяет интеграцию в межрегиональные и международные цепочки: приграничные территории активнее участвуют в трансграничном сотрудничестве, а удаленные и периферийные регионы сталкиваются с логистическими и экономическими барьерами [5].

Экономическая неоднородность выражается в разбросе уровней валового регионального продукта (ВРП), инвестиционной привлекательности, степени диверсификации экономики. Одни регионы выступают драйверами роста (финансовые и промышленные центры), другие зависят от моноотраслей или нуждаются в масштабной господдержке. Различаются и уровни развития инфраструктуры – транспортной, энергетической, цифровой.

Уровень жизни и социальное благополучие также варьируются, поэтому доходы населения, доступность жилья, качество здравоохранения и образования, доля бедных домохозяйств заметно отличаются от региона к региону. В экономически сильных субъектах выше зарплаты и шире спектр социальных услуг, в отстающих – сохраняется зависимость от трансфертов и программ поддержки. Демографические и социальные различия складываются из плотности населения, возрастной структуры, миграционных потоков. В одних регионах наблюдается отток молодежи и старение населения, в других – высокий естественный прирост и молодая возрастная когорта. Все вышеизложенное напрямую влияет на рынок труда, нагрузку на социальную сферу и спрос на меры семейной политики [6].

Культурно-этническая специфика добавляет еще один слой гетерогенности. В национальных республиках сильны традиционные ценности и модели семейного поведения, что отражается на рождаемости и социальной динамике. В мегаполисах и индустриальных регионах доминируют урбанистические установки, влияющие на брачно-семейные стратегии. Институциональные и управленческие факторы также играют роль, это можно увидеть в том, что эффективность региональной власти, качество госуправления, вовлеченность бизнеса и НКО в социальные проекты неодинаковы. Это сказывается на скорости внедрения федеральных инициатив и адаптации нацпроектов под местные условия.

В совокупности эти факторы создают сложную совокупность региональных контекстов. Реализация мер государственной политики требует учета этой гетерогенности, так как универсальных решений недостаточно, нужны дифференцированные подходы, учитывающие локальные экономические возможности, демографические тренды и социокультурные нормы.

Гетерогенность регионов существенно усложняет прогнозирование социально-экономических процессов, поскольку создает неоднородную среду, где одни и те же факторы могут приводить к разным результатам в зависимости от локального контекста. Из-за различий в экономическом

развитии, демографической ситуации, уровне жизни и институциональной среде универсальные модели прогнозирования дают значительную погрешность. Например, прогноз рождаемости, построенный на среднероссийских показателях, будет искажен: в регионах с молодой возрастной структурой и традиционными семейными ценностями динамика будет выше, а в стареющих индустриальных областях – ниже. Аналогично реакция на меры поддержки семей (выплаты, льготы) будет различаться: в богатых регионах стимулы могут слабо влиять на решения о рождении детей, а в бедных – играть ключевую роль.

Прогнозирование требует учета взаимосвязей между разнородными факторами (табл. 1).

Таблица 1.
Используемые источники данных и примеры показателей для прогноза

Источник данных	Тип данных	Что помогает учесть	Пример показателя для прогноза
Росстат, ведомственные отчеты	Официальная статистика	Базовые социально-экономические индикаторы	ВРП на душу, уровень безработицы, СКР, брачность
Спутниковые снимки	Геопространственные данные	Физическое развитие территорий	Плотность застройки, состояние сельхозугодий, экологическая нагрузка
Мобильные операторы, GPS-трекеры	Геоданные и трафик	Миграция, активность населения	Суточные перемещения, плотность населения в районах, маятниковая миграция
Онлайн-платежи и транзакции	Экономическая активность	Потребительское поведение	Динамика расходов на товары для детей, услуги образования
Соцсети и форумы	Социальные настроения	Локальные проблемы и запросы	Частота упоминаний «поддержка семей», «жилье для молодых», «доступность детсадов»
ГИС и картографические сервисы	Пространственная информация	Доступность инфраструктуры	Расстояние до школ/поликлиник/детсадов в разных районах региона
IoT-сенсоры, умные счетчики	Данные в реальном времени	Потребление ресурсов, экологическая обстановка	Уровень загрязнения воздуха, потребление воды и энергии по муниципалитетам

Источник: составлено автором по данным [1, 2, 11]

Вместо единой модели для всей страны создаются либо комплексы локальных моделей, либо единая гибкая структура с региональными параметрами, что напрямую учитывает гетерогенность территорий. Экономический рост в регионах с сырьевой специализацией, например, обусловленный разработкой месторождений полезных ископаемых, способен одновременно стимулировать повышение доходов населения и провоцировать миграционные процессы, что приводит к трансформации демографического баланса. В то же время в аграрных регионах наращивание объемов сельскохозяйственного производства не всегда сопровождается ощутимым улучшением уровня жизни: этому препятствуют низкая производительность труда и отток молодого поколения. Подобные особенности зачастую не находят должного отражения в агрегированных экономических моделях.

Существенное влияние на динамику социально-экономических процессов оказывает гетерогенность территорий, которая определяет временные лаги и скорость распространения эффектов. Как показывает практика, реализация федеральной политики характеризуется выраженной пространственной неоднородностью, поэтому темпы и масштабы изменений существенно различаются между урбанизированными территориями с развитой инфраструктурой и отдаленными, слабозаселенными регионами, где ограниченность ресурсной базы может приводить к задержке или нивелированию эффектов [6]. В результате традиционные методы прогнозирования становятся малоприменимыми, поскольку фактическая динамика развития принимает форму фрагментарных региональных трендов вместо плавной унифицированной траектории. Помимо этого, неустойчивость взаимосвязей между экономическими показателями дополнительно осложняет прогнозирование, как следствие статистические зависимости, наблюдаемые в одних территориальных контекстах, зачастую не воспроизводятся в других. Например, характер зависимости между уровнем доходов населения и рождаемостью оказывается связан с типом региона, из-за чего в депрессивных территориях рост благосостояния может стимулировать репродуктивное поведение, а в крупных городах высокие затраты на воспитание детей способны подавлять репродуктивные намерения, приводя к нейтральной или отрицательной корреляции.

На основании вышеизложенного, можно констатировать, что для учета региональной гетерогенности необходим переход к дифференцированным методам моделирования. Такие изменения можно реализовать двумя путями: либо через разработку обособленных прогнозных сценариев для кластеров схожих территорий, либо посредством интеграции в единую модель контрольных переменных, фиксирующих специфику различных типов регионов. По нашему мнению, такой подход способен повысить точность прогнозов, при этом предъявляя повышенные требования к качеству региональных данных, глубине понимания механизмов формирования локальной специфики и гибкости интерпретации результатов.

Иными словами, гетерогенность регионов как сложная экономическая категория трансформирует логику прогнозирования, поскольку увеличивает погрешность оценок. Чтобы избежать ошибок, вместо единого сценария следует формировать комплекс вероятных траекторий развития, интегрировать взвешенное сочетание региональных динамик, создавая таким образом агрегированный прогноз для всей страны. При этом нельзя ограничиваться оценкой средних значений целевых показателей, необходимо также анализировать риски возникновения дисбалансов, характеризующихся тем, что, например, опережающий рост благосостояния в отдельных регионах на фоне стагнации в других способен усилить межрегиональное неравенство, которое, в свою очередь, может выступить самостоятельным фактором социально-экономической нестабильности.

Можно согласиться с тем, что игнорирование региональной гетерогенности может привести к искажению прогнозных оценок, чтобы этого избежать нужно применять усложненные аналитические инструменты и обладать глубоким пониманием локальных особенностей [5]. В этом контексте методы науки о данных предлагают принципиально новый подход к прогнозированию за счет интеграции современных аналитических методов и совершенствования стратегии работы с информацией. В отличие от традиционных методов, они опираются на разнородные массивы данных, включая не только официальную статистику и ведомственные отчеты, но и сведения из социальных сетей, геоинформационных систем, транзакционных баз, сенсорных устройств и спутниковых снимков. Такой подход позволяет комплексно анализировать региональную динамику, заранее выявлять зарождающиеся тренды до их фиксации в официальной отчетности и обнаруживать скрытые взаимосвязи, не проявляющиеся при работе с агрегированными индикаторами. Возможности для учета гетерогенности регионов при прогнозировании с использованием науки о данных представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Возможности для учета гетерогенности регионов при прогнозировании с использованием науки о данных

Компонент науки о данных	Возможности для учета гетерогенности	Пример применения в региональном прогнозировании
Источники данных	Сбор разнородных данных по регионам: от официальной статистики до альтернативных источников (соцсети, геоданные, спутниковые снимки)	Объединение данных Росстата, мобильных операторов и соцсетей для оценки миграционных потоков и уровня жизни в регионах
Инфраструктура хранения	Хранение и обработка больших объемов структурированных и неструктурированных данных (Data Lakes, хранилища на базе Hadoop/Spark)	Создание единого хранилища данных по всем регионам с возможностью быстрого доступа к историческим и текущим данным
Инструменты сбора данных	Автоматизация сбора данных: веб-скрапинг, API, IoT-сенсоры, интеграция ведомственных баз	Автоматический сбор данных о ценах на продукты, уровне загрязнения воздуха, трафике в разных городах региона
Методы предобработки	Очистка, нормализация, объединение данных из разных источников с учетом региональной специфики	Приведение к единому стандарту данных о доходах населения в регионах с разной стоимостью жизни
Аналитические инструменты	Кластеризация регионов, пространственный анализ, выявление скрытых паттернов	Группировка регионов по уровню экономического развития и демографическим трендам для построения отдельных моделей
Модели машинного обучения	Построение гибких моделей, учитывающих нелинейные зависимости и региональные особенности	Использование ансамблей деревьев решений (XGBoost) для прогнозирования рождаемости с учетом местных традиций и доходов
Визуализация и дашборды	Представление результатов в интерактивной форме с привязкой к географии	Создание ГИС-дашборда с прогнозами безработицы по кластерам регионов и сценариями поддержки занятости
Платформы развертывания моделей	Внедрение моделей в операционную среду, автоматизация прогнозов	Интеграция модели прогнозирования спроса на жилье в систему планирования регионального развития

Источник: составлено автором по данным [3, 5-6]

Представленные в таблице 2 возможности для учета гетерогенности регионов при прогнозировании с использованием науки о данных могут, например, показать, что рост доходов стимулирует рождаемость в депрессивных регионах, но почти не влияет на нее в мегаполисах, где ключевую роль играют другие факторы (доступность жилья, гибкий график работы). Применение методов в рамках науки о данных способно добавить к прогнозам оценку неопределенности, формируя диапазон сценариев с вероятностями их реализации, что представляется важным для принятия решений в условиях нестабильности. Основные методы анализа и их вклад в учет региональной неоднородности представлены в таблице 3.

Таблица 3.
Методы анализа и их вклад в учет региональной неоднородности

Метод анализа	Как учитывает гетерогенность	Пример задачи
Кластеризация (k-means, DBSCAN)	Группирует регионы по схожим характеристикам, позволяя строить отдельные модели для каждого кластера	Выделение кластеров: «сырьевые регионы», «аграрные регионы», «мегаполисы» для прогнозирования доходов населения
Пространственная статистика (индекс Морана, Gi*)	Учитывает влияние соседних регионов и выявляет «горячие точки» аномальных значений	Анализ распространения экономических шоков между соседними областями
Пространственная регрессия (SAR, SEM)	Включает «влияние соседей» через весовую матрицу	Прогнозирование безработицы с учетом миграции между регионами
Ансамбли моделей (Random Forest, XGBoost)	Автоматически находит нелинейные зависимости и важные признаки для каждого региона	Прогнозирование рождаемости с учетом доходов, доступности детсадов, традиций
Нейронные сети с attention-механизмами	Усиливает влияние релевантных локальных факторов	Анализ влияния региональных программ поддержки на основе соцсетей и статистики
Байесовские сети	Дает вероятностные прогнозы и оценивает неопределенность	Сценарии развития региона при изменении цен на сырье или миграционных потоков
Кригинг и геостатистика	Интерполирует показатели между точками наблюдений	Оценка уровня бедности в малых населенных пунктах на основе данных по районам

Источник: составлено автором по данным [5, 6]

Инфраструктура потоковой обработки данных и онлайн-мониторинга позволяет актуализировать оценки в режиме реального времени: реагировать на экономические шоки, сезонные колебания или внезапные изменения миграционных потоков. При этом оценка неопределенности становится неотъемлемой частью прогноза: вместо точечных значений модели выдают вероятностные распределения и диапазоны сценариев, помогая принимать решения в условиях риска.

Наука о данных меняет и логику интерпретации. Визуализация сложных взаимосвязей (карты кластеров, графы причинности, тепловые матрицы корреляций) делает результаты понятными для управленцев. Сценарии развития не навязываются «сверху» на основе экспертных гипотез, а выводятся из данных – с возможностью «проигрывать» последствия разных управленческих решений (что особенно важно для нацпроектов, где эффекты сильно зависят от региональной специфики).

Моделирование при таком подходе строится на выявлении закономерностей непосредственно в массивах данных. Алгоритмы машинного обучения, в том числе ансамбли деревьев решений, нейронные сети и методы кластеризации, автоматически обнаруживают нелинейные зависимости и скрытые паттерны, адаптируясь к особенностям каждого региона. Применение инструментов версионности кода, контейнеризации моделей и автоматизированных пайплайнов обработки данных обеспечивает полную документированность и проверяемость всего процесса – от сбора информации до формирования финального прогноза. Это снижает влияние субъективных оценок и повышает доверие к результатам со стороны органов власти и общества.

Наука о данных позволяет системно учитывать региональную гетерогенность, превращая различия между территориями из источника неопределенности в рабочий элемент анализа. Можно сказать, что преимущество подхода, основанного на методах науки о данных, заключается в способности обрабатывать разнородные массивы данных произвольного масштаба и формата, позволяющей рассматривать каждый регион как сложную динамическую систему, обладающую уникальной структурой, специфическими трендами и внутренними причинно-следственными взаимосвязями. Методы науки о данных обеспечивают выявление естественных кластеров регионов со схожими параметрами развития, причем границы таких кластеров могут не совпадать с административно-территориальным делением. Важным дополнением такого подхода можно назвать учет пространственных эффектов. Экономические и социальные процессы в регионах распространяются посредством миграционных потоков, торговых связей и информационных каналов. Использование методов пространственной статистики (например, анализа индекса Морана) и пространственной регрессии (моделей SAR, SEM) предоставляет возможность количественно оценить взаимное влияние территорий. Так можно моделировать распространение экономических шоков, оценить воздействие экономических кризисов, а построенная таким способом модель способна отражать пространственное распределение различных процессов.

Таблица 4.
Особенности регионального прогнозирования с использованием науки о данных

Сценарий	Используемые компоненты экосистемы	Учитываемая гетерогенность	Ожидаемый результат
Прогнозирование рождаемости по регионам	Кластеризация + XGBoost + ГИС-визуализация	Различия в традициях, доходах, доступности детсадов	Точечные прогнозы СКР для кластеров регионов с оценкой влияния мер поддержки
Оценка влияния новой меры соцподдержки	Байесовские сети + анализ соцсетей + данные транзакций	Разная реакция населения в зависимости от уровня жизни и традиций	Вероятностные сценарии изменения уровня бедности и рождаемости
Прогнозирование безработицы при развитии инфраструктуры	Пространственная регрессия + данные мобильных операторов	Влияние новых дорог/заводов на миграцию и занятость соседних регионов	Оценка мультипликативного эффекта создания рабочих мест
Адаптация нацпроектов под регионы	Ансамбли моделей + дашборды + онлайн-обучение	Разная скорость внедрения мер и разная реакция населения	Интерактивная система мониторинга и корректировки программ
Прогнозирование спроса на жилье	Нейросети и данные о доходах и миграции	Разная динамика спроса в мегаполисах, малых городах и сельской местности	Детализированные прогнозы по типам территорий для планирования строительства

Источник: составлено автором

Таблица 5.
Обоснование преимуществ использования методов науки о данных при региональном прогнозировании

Параметр	Традиционный подход	Подход с учетом гетерогенности и применением Data Science	Обоснование преимуществ нового подхода
Принцип моделирования	Унифицированная модель для всех регионов	Дифференцированные модели по кластерам регионов	Учет специфики каждой группы повышает точность прогнозов
Методы сегментации	Экспертное деление (федеральные округа, географическое положение)	Кластерный анализ (K-means, иерархическая кластеризация) на основе 15–20 социально-экономических показателей	Объективная группировка по фактическим сходствам, а не административным границам
Ключевые показатели	ВРП, инвестиции, уровень безработицы (агрегированные)	Комплексный набор: структура ВРП, уровень цифровизации, демография, инфраструктура, инновационный потенциал	Многомерный учет факторов развития
Инструменты анализа	Корреляционно-регрессионный анализ, трендовые модели	Машинное обучение (линейная регрессия, Random Forest, XGBoost), геопространственный анализ, Big Data	Выявление нелинейных зависимостей и скрытых закономерностей
Источники данных	Официальная статистика Росстата (ежегодная/ежеквартальная)	Интеграция: Росстат, административные базы, геоданные, соцсети, спутниковые снимки	Оперативность и полнота информации
Адаптивность к изменениям	Пересмотр модели 1 раз в 3–5 лет	Динамическая перегруппировка кластеров 1–2 раза в год	Оперативное реагирование на структурные сдвиги в экономике регионов
Практическое применение	Общие рекомендации для всех субъектов РФ	Индивидуальные стратегии развития для каждого кластера регионов	Целевое распределение ресурсов, адресная поддержка отраслей
Ресурсоемкость	Низкая (стандартные статистические пакеты)	Средняя (требуются компетенции в Data Science, вычислительные мощности)	Затраты компенсируются ростом точности и обоснованности решений

Источник: составлено автором

Таким образом, исследование данной статьи позволило обосновать значимость учета региональной гетерогенности при построении прогнозных моделей социально-экономического развития субъектов Российской Федерации. Было показано, что традиционные методы, опирающиеся на усредненные показатели, имеют ограничения, так как не отражают многообразие региональных контекстов и потому приводят к снижению точности прогнозов и неэффективному распределению ресурсов.

Предложенный подход на основе методов науки о данных позволяет преодолеть эти ограничения за счет интеграции разнородных массивов данных и современных инструментов анализа, которые обеспечивают полноту информационной базы и дают возможность рассматривать каждый регион как сложную динамическую систему с уникальной структурой, специфическими трендами и внутренними причинно-следственными связями.

В результате использования методов науки о данных при региональном прогнозировании можно:

- повысить точность оценок за счет учета пространственной неоднородности и временных лагов;
- выявлять зоны ускоренного роста и очаги социально-экономической деградации;
- анализировать риски межрегиональных дисбалансов и предотвращать усиление неравенства;
- разрабатывать адресные стратегии развития для кластеров схожих регионов.

Подводя тог проведенному исследованию, можно сделать вывод о том, что различия между регионами могут быть не только источником неопределенности, но и важным элементом анализа. Предлагаемый в статье подход способен обеспечить более обоснованное и эффективное управление социально-экономическим развитием субъектов Российской Федерации, позволяя адаптировать управленческие решения к реальному, многоаспектному состоянию региональной гетерогенности.

Литература

1. Башлаева И.С., Бараков В.С. Механизмы и инструменты обеспечения регионального экономического роста на основе моделей прогнозирования: сравнительный анализ // Вестник ВолГУ. Экономика. 2025. № 27 (4). С. 76-87. doi: 10.15688/ek.jvolsu.2025.4.6.
2. Вотинов А.И., Польщикова Ю.А., Нерсисян К.А. Макроэкономическое моделирование в постпандемийное время // Финансовый журнал. 2025. №17 (1). С. 62-73. doi: 10.31107/2075-1990-2025-1-62-73.
3. Гохштанд Е.В. Теория и методология социально-экономического прогнозирования: этапы развития в России // Государственное управление. Электронный вестник. 2025. №110. С. 73-86.
4. Дмитриев С.Г., Дубовик М.В., Савинова М.В. Региональные диспропорции кадрового дефицита в сфере здравоохранения и его прогнозирование // Лидерство и менеджмент. 2025. №12 (3). С. 617-640. doi: 10.18334/lim.12.3.122623.
5. Жуковский, А. Д. Размещение высокотехнологичных компаний в регионе: монография / А. Д. Жуковский. - М. : КНОРУС, 2024. - 356 с.
6. Коленникова О.А. Социальные проблемы рабочей силы в современной России. / монография; ФНИСЦ РАН. - М. : ФНИСЦ РАН, 2024. - 368 с.
7. Леонова Н.Г. Анализ научных подходов к исследованию межрегиональной социально-экономической дифференциации: исторический, социокультурный и системный подходы // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 11. С.4701-4718. DOI: 10.18334/epp.13.11.119873
8. Протасов Ю. М., Юров В. М. Кластеризация регионов РФ по уровню их социально-экономического развития // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2022. № 2. С. 95-103. https://doi.org/10.18384/2310-6646-2022-2-95-103.
9. Смирнов М. В., Митяков Е. С. Разработка модели базы знаний по управлению устойчивым развитием промышленных экосистем // Computational nanotechnology. 2025. №12 (1). С. 129-137. doi: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-129-137.
10. Chvanova M.S., Kiseleva I.A., Skvortsov A.A. A prototype of a digital ecosystem for undergraduates' research activities // ПНиО. 2025. №2 (74). P. 689-701. doi: 10.32744/pse.2025.2.44.
11. Pyankova, S. G. Giersch's "Volcano" Model and Its Application for the Analysis of Regional Disparities in Russia / S. G. Pyankova, M. A. Kombarov // R-Economy. - 2023. - Vol. 9, iss. 1. - P. 38-51.
12. Yang W., Zhang Z. et al. Impact of China's Provincial Government Debt on Economic Growth and Sustainable Development // Sustainability. 2022. Vol. 14 (3). Art. 1474. https://doi.org/10.3390/su14031474.

Accounting for Regional Heterogeneity in Regional Forecasting Using Data Science

Chupin E.A.
University of World Civilizations

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article substantiates the need to account for the heterogeneity of Russian regions in socio-economic forecasting. It is shown that traditional averaged models reduce forecast accuracy and lead to inefficient resource allocation. An approach based on Data Science is proposed, including clustering, spatial statistics, and machine learning. It is demonstrated that the use of heterogeneous data and adaptive models improves the validity of managerial decisions and the accuracy of forecasts for clusters of similar regions.

Keywords: regional heterogeneity, Data Science, machine learning, region clustering, spatial statistics, socio-economic development, predictive models.

References

1. Bashlayeva I.S., Barakov V.S. Mechanisms and tools for ensuring regional economic growth based on forecasting models: a comparative analysis // Bulletin of the Volga State University. Encyclopedia. 2025. No. 27 (4). pp. 76-87. doi: 10.15688/ek.jvolsu.2025.4.6.
2. Votinov A.I., Polikov A.A., Nersisyan K.A. Macrocosmic modeling in postpandemic time // Encyclopedia Journal. 2025. No.17 (1). pp. 62-73. doi: 10.31107/2075-1990-2025-1-62-73.
3. Gokhstand E.V. Theory and methodology of socio-economic forecasting: stages of development in Russia // Public administration. Electronic bulletin. 2025. No. 110. pp. 73-86.
4. Dmitriev S.G., Dubovik M.V., Savinova M.V. Regional imbalances of personnel shortage in the healthcare sector and its forecasting // Leadership and management. 2025. No. 12 (3). pp. 617-640. doi: 10.18334/lim.12.3.122623.
5. Zhukovsky, A.D. Placement of high-tech companies in the region: a monograph / A.D. Zhukovsky. Moscow : KNORUS, 2024. 356 p.
6. Kolennikova O.A. Social problems of the labor force in modern Russia. / monograph; FNIST RAS. - M. : FNIST RAS, 2024. - 368 p.
7. Leonova N.G. Analysis of scientific approaches to the study of interregional socio-economic differentiation: historical, socio-cultural and systemic approaches // Economics, entrepreneurship and law. 2023. Vol. 13. No. 11. pp.4701-4718. DOI: 10.18334/epp.13.11.119873
8. Protasov Yu. M., Yurov V. M. Clusterization of the regions of the Russian Federation by the level of their socio-economic development // Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Encyclopedia. 2022. No. 2. pp. 95-103.

https://doi.org/10.18384/2310-6646-2022-2-95-103 9. Smirnov M. V., Mityakov E. S. Development of a method for obtaining knowledge on managing high-speed software // Computational nanotechnology. 2025. No.12 (1). pp. 129-137. doi: 10.33693/2313-223X-2025-12-1-129-137.

10. Chvanova M.S., Kiseleva I.A., Skvortsov A.A. Prototype of a digital ecosystem for undergraduates' research activities // PNiO. 2025. No. 2 (74). Pp. 689-701. doi: 10.32744/pse.2025.2.44.
11. Pyankova, S. G. The "volcanic" Hirsch model and its application to the analysis of regional differences in Russia / S. G. Pyankova, M. A. Kombarov // R-Economics. - 2023. - Volume 9, issue 1. - pp. 38-51.
12. Yang U., Zhang Z. and others . The impact of China's provincial government debt on economic growth and sustainable development // Sustainability. 2022. Volume 14 (3). Article 1474. https://doi.org/10.3390/su14031474 .

Барьеры развития угледобывающей отрасли в региональной экономике: логистические, рыночные и экологические ограничения (на примере Забайкальского края)

Щадов Владимир Михайлович
магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет, v.shchadov@gmail.com

В статье рассматриваются ограничения развития угледобывающей отрасли как структурного элемента экономики ресурсодобывающего региона. Актуальность исследования обусловлена кризисными явлениями в угольной промышленности России в 2024-2025 годах и необходимостью оценки их последствий для регионов, в экономике которых добыча полезных ископаемых занимает значимое место. На примере Забайкальского края проведен анализ системы барьеров развития отрасли. Выделены три основные группы ограничений: рыночные, инфраструктурно-логистические и экологические. В частности, к ним относятся снижение мировых цен, укрепление национальной валюты, сжатие экспортного спроса, а также ограниченная пропускная способность железнодорожного Восточного полигона и большая протяженность транспортного плеча. Показано, что экологическое ограничение имеет самостоятельный экономический характер: природоохранные мероприятия на уровне предприятия не окупаются рыночным эффектом, вследствие чего экологическая нагрузка отрасли превращается в устойчивое ограничение ее развития на территории. Обоснован вывод о том, что барьеры различной природы накладываются друг на друга и формируют комплексное противоречие регионального развития. Сформулированы направления региональной экономической политики, направленные на согласование производственных, инфраструктурных и экологических аспектов функционирования отрасли. Отмечена необходимость совершенствования регионального статистического учета в отраслевом разрезе.

Ключевые слова: региональная экономика, угледобывающая отрасль, ресурсодобывающий регион, барьеры развития, Восточный полигон, экологические ограничения, региональная политика, Забайкальский край.

Цель исследования

Целью настоящей статьи является анализ системы барьеров развития угледобывающей отрасли в экономике ресурсодобывающего региона и обоснование направлений региональной политики, направленных на их преодоление. Объектом исследования выступает угледобывающая отрасль Забайкальского края, предметом - экономические ограничения ее развития и их взаимосвязь. Научная новизна работы состоит в рассмотрении экологического ограничения не как внешнего по отношению к экономике фактора, а как самостоятельного экономического барьера, сопоставимого по значимости с рыночными и инфраструктурными ограничениями и взаимодействующего с ними.

Материал и методы исследования

Информационную базу исследования составили данные официальной статистики о социально-экономическом положении Забайкальского края, нормативно-правовые акты Российской Федерации в области энергетики и охраны окружающей среды (Федеральный закон «Об охране окружающей среды», Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года), а также аналитические материалы и научные публикации, отражающие современное состояние угольной отрасли России в 2024–2025 годах. Методологическая основа работы представлена качественным системным анализом, в рамках которого барьеры развития отрасли рассматриваются как взаимосвязанная совокупность ограничений рыночной, инфраструктурной, логистической и экологической природы. В работе применялись структурный и функциональный подход, которые позволили выделить группы барьеров и охарактеризовать механизм их взаимодействия, а также методы сравнительного анализа и обобщения.

Результаты исследования и их обсуждение

Угольная промышленность России в 2024–2025 годах переживает один из наиболее сложных периодов за последние десятилетия. Снижение мировых цен на уголь, укрепление национальной валюты, рост себестоимости добычи и транспортировки привели к тому, что значительная часть угледобывающих компаний оказалась убыточной, а финансовый результат отрасли в целом - отрицательным. Кризисные явления в отрасли имеют выраженное региональное измерение: их последствия наиболее остро проявляются в субъектах Российской Федерации, в экономике которых добыча полезных ископаемых занимает значимое место и где угледобывающие предприятия выступают факторами занятости, формирования доходов и энергоснабжения территорий [1].

При этом вклад угольного сектора в валовой внутренний продукт страны составляет менее одного процента. Это формирует характерную асимметрию: на национальном уровне отрасль не является системообразующей, тогда как на уровне отдельных регионов и локальных территорий ее функционирование имеет критическое значение. Данная асимметрия определяет необходимость рассмотрения проблем угледобычи не только в общеотраслевом, но и в региональном аспекте - с учетом того, что ограничения развития отрасли по-разному преломляются в экономике конкретного субъекта.

Забайкальский край представляет собой характерный пример ресурсодобывающего региона, для которого угледобыча является одной из базовых отраслей промышленности. Край входит в число ведущих угледобывающих регионов страны, а добыча полезных ископаемых устойчиво занимает одно из первых мест в структуре его валового регионального продукта [2]. Вместе с тем развитие угледобывающей отрасли в крае наталкивается на систему ограничений, имеющих различную природу - рыночную, инфраструктурно-логистическую и экологическую.

Проблематика развития угледобывающей отрасли традиционно рассматривается в рамках экономики промышленности и региональной экономики. В литературе достаточно полно исследованы вопросы экономической эффективности угледобычи, влияния транспортных издержек на конкурентоспособность угольных компаний, а также роли минерально-сырьевого комплекса в экономике ресурсодобывающих регионов [3]. Значительное внимание уделяется проблеме монопрофильности территорий угледобычи и зависимости локальных рынков труда от состояния отрасли.

В то же время анализ барьеров развития отрасли чаще всего проводится по отдельным группам ограничений. Рыночные и ценовые факторы рассматриваются преимущественно в работах по конъюнктуре энергетических рынков; инфраструктурно-логистические ограничения - в исследованиях транспортного комплекса и пропускной способности железнодорожной сети; экологические аспекты - в работах по экономике природопользования. При этом взаимодействие барьеров различной природы, их совместное влияние на развитие отрасли в конкретном регионе остается менее изученным.

Кроме того, экологическая нагрузка угледобычи традиционно рассматривается как ограничение внешнего, нормативно-регулятивного характера – то есть как требование, выполнение которого обеспечивается административными механизмами. Экономическая природа этого ограничения, его сопоставимость с рыночными и инфраструктурными барьерами исследована в меньшей степени. Восполнение этого пробела применительно к угледобывающей отрасли ресурсодобывающего региона и составляет задачу настоящей работы.

Забайкальский край относится к ресурсодобывающим регионам, экономика которых в значительной степени определяется состоянием минерально-сырьевого комплекса. Добыча полезных ископаемых устойчиво входит в число ведущих видов экономической деятельности в структуре валового регионального продукта края, занимая, по данным официальной статистики разных лет, порядка 11–17 % [2]. Наряду с транспортно-логистическим комплексом этот сектор формирует производственную основу региональной экономики.

Угледобыча является одной из базовых составляющих минерально-сырьевого комплекса края. Регион входит в число ведущих угледобывающих субъектов Российской Федерации; годовой объем добычи угля в крае в последние годы составляет порядка 17-19 млн тонн. Уголь Забайкальского края используется как для обеспечения внутрирегиональных потребностей - снабжения объектов энергетики и коммунального теплоснабжения, - так и для поставок за пределы региона, включая экспортное направление.

Здесь необходимо отметить методологическое ограничение анализа. Официальная региональная статистика публикует данные по укрупненному виду деятельности «добыча полезных ископаемых», в составе которого в Забайкальском крае значительную долю занимает добыча рудного сырья и драгоценных металлов. Отдельная статистическая детализация вклада именно угледобычи в валовой региональный продукт, занятость и бюджетные доходы региона в открытых источниках не представлена. Это ограничивает возможности количественной оценки роли отрасли и само по себе указывает на необходимость совершенствования регионального статистического учета в отраслевом разрезе - данное положение далее формулируется в числе выводов работы. В силу указанного ограничения настоящий анализ опирается на доступные агрегированные показатели и носит преимущественно качественный характер.

Несмотря на отмеченное ограничение, региональная значимость угледобычи не вызывает сомнений. Она определяется не столько долей отрасли в совокупных показателях региона, сколько ее ролью в обеспечении энергетической устойчивости территории и в формировании занятости локальных сообществ в районах размещения угледобывающих предприятий. Именно эта локальная значимость обусловливает чувствительность региона к ограничениям развития отрасли, рассматриваемым далее.

Первую группу барьеров развития угледобывающей отрасли образуют рыночные ограничения, проявившиеся с особой остротой в 2024-2025 годах. Их основой стало снижение мировых цен на уголь после периода высокой ценовой конъюнктуры предшествующих лет. Падение экспортных цен в сочетании с укреплением национальной валюты привело к сокращению рублевой выручки экспортно ориентированных угольных компаний и резкому ухудшению финансовых результатов отрасли [1].

Отметим, что экономический результат в угольной сфере заметно зависит от распределения производственных затрат, при росте расходов на извлечение угля и его транспортировку за рассматриваемый период отпускная цена снижалась, из-за чего и без того низкая доходность отрасли оказалась еще более ограниченной.

Однако, финансовый результат угольной отрасли России оказался отрицательным, поскольку заметная доля добывающих компаний уже работает с убытком. Для сектора, где прибыльность традиционно держится на сравнительно невысоком уровне, такая картина означает не краткую просадку доходов, а более глубокое ухудшение условий хозяйствования. Отдельным сдерживающим фактором здесь стало уменьшение внешнего спроса. Хотя ранее перенос экспортных поставок в азиатское направление рассматривался как инструмент компенсации спада отгрузок на запад, ожидаемого результата он не дал, главные покупатели в Азии урезали закупки, а восточные рынки все активнее занимают поставщики-конкуренты, находящиеся в более выгодном положении с точки зрения логистики.

Для региона подобные ограничения по своей природе остаются внешними, источник лежит в глобальной энергетической конъюнктуре и общей макроэкономической среде, а весь объем воздействия в полной мере проявляется в хозяйственном положении угледобывающих территорий.

Вторую группу барьеров образуют инфраструктурно-логистические ограничения, связанные с состоянием транспортной сети и организацией перевозок. К перемещению угля из районов добычи к получателям и к точкам, где оформляется экспортная отправка, добавляется ряд затруднений, связанных с состоянием транспортной сети и организацией перевозок. Для территорий востока страны, где ведется добыча угля, главным параметром выступает пропускная способность железнодорожного Восточного полигона. Поскольку потребность в его провозных возможностях выше доступного объема, отправка угля идет по квотам, а предприятия угольного сектора вынуждены добиваться доступа к инфраструктуре наравне с грузоотправителями других отраслей.

С экономической точки зрения перевозка угля по железной дороге приносит оператору меньшую отдачу, чем отправка большей части прочих грузов, хотя именно уголь заметно занимает ресурс провозной способности полигона. Поэтому на практике приоритет получают более выгодные отправки, а экспортные объемы угля ограничиваются. Большую роль играет и протяженность транспортного плеча. Поскольку угледобывающие территории на востоке страны удалены и от портовой инфраструктуры, и от главных потребителей, в итоговой стоимости угля растет доля транспортных расходов. При благоприятной ценовой ситуации на рынке такая нагрузка остается допустимой; при снижении мировых котировок она нередко переводит экспортные поставки либо в убыточный режим, либо в состояние практически нулевой рентабельности.

В Забайкальском крае вопросы, связанные с состоянием транспортной и обслуживающей системы, считаются приоритетным направлением, поскольку край служит территорией транзитного прохождения потоков, а часть угольной продукции направляется на внешний рынок.

Расширению добычи и выводу угля на рынок мешают два взаимосвязанных фактора, дефицит провозной способности и высокая доля перевозки в цене угля. В такой ситуации логистика утрачивает роль опоры отраслевого роста и превращается в один из ограничителей. Природа данных препятствий иная, они связаны прежде всего с инфраструктурой и в теории устраняются за счет развития транспортной сети, но для такого шага нужны крупные капиталовложения и длительные сроки реализации [4].

Третью группу ограничений развития угледобывающей отрасли образуют экологические барьеры. В отличие от рыночных и логистических ограничений, экологическая нагрузка традиционно рассматривается как фактор внешнего, нормативно-регулятивного характера: предприятие обязано соблюдать установленные требования, а их выполнение обеспечивается мерами административного контроля. При таком подходе экологическое ограничение оказывается вынесенным за пределы собственно экономического анализа.

Между тем экологическое ограничение имеет самостоятельную экономическую природу. Открытая добыча угля сопровождается интенсивным воздействием на атмосферный воздух, водные объекты и земельные ресурсы прилегающих территорий. Снижение этого воздействия требует реализации природоохранных мероприятий, которые с экономической точки зрения представляют собой инвестиционные проекты - с капитальными вложениями, операционными затратами и определенным экономическим результатом [5].

Оценка экономической эффективности таких мероприятий на уровне отдельного предприятия показывает, что природоохранные проекты, как правило, не окупаются за счет рыночно выраженного эффекта. Прямая экономия, возникающая при реализации природоохранного мероприятия, и величина предотвращаемых экологических платежей при действующих ставках платы за негативное воздействие оказываются недостаточными для покрытия операционных затрат и капитальных вложений. Значительная часть фактического эффекта природоохранной деятельности - снижение заболеваемости населения, уменьшение ущерба сопредельным природным ресурсам – представляет собой положительные внешние эффекты, которые не получают рыночной оценки и не отражаются в денежных потоках предприятия. В результате у хозяйствующего субъекта отсутствует достаточный экономический стимул к природоохранным инвестициям.

Это означает, что экологическая нагрузка угледобычи не является лишь вопросом соблюдения нормативов. Она представляет собой устой-

чивое экономическое ограничение развития отрасли на территории: расширение добычи увеличивает экологическое воздействие, тогда как его снижение требует затрат, не компенсируемых рыночным механизмом. Для региона это ограничение проявляется как противоречие между экономической ролью отрасли и экологической нагрузкой, которую несут территории размещения угледобывающих предприятий и проживающее на них население. Особую остроту это противоречие приобретает в случаях, когда населенные пункты расположены в непосредственной близости от объектов открытых горных работ и испытывают прямое воздействие производственной деятельности.

Таким образом, экологический барьер по своей природе сопоставим с рыночными и инфраструктурными ограничениями и должен рассматриваться в составе единой системы барьеров развития отрасли, а не как внешний по отношению к экономике фактор.

Проведенный анализ позволяет рассматривать барьеры развития угледобывающей отрасли в региональной экономике как систему взаимосвязанных ограничений, а не как набор изолированных факторов. Рыночные, инфраструктурно-логистические и экологические барьеры имеют различную природу, различные механизмы действия и различные горизонты преодоления, однако в экономике конкретного региона они накладываются друг на друга и усиливают совокупное ограничивающее воздействие.

Это наложение имеет существенное значение для понимания положения отрасли. Рыночные ограничения сокращают доходную базу угледобывающих предприятий; логистические ограничения сужают возможности реализации продукции и увеличивают транспортную составляющую цены; экологические ограничения требуют затрат, не компенсируемых рыночным эффектом. В условиях благоприятной ценовой конъюнктуры предприятия располагают финансовыми ресурсами, в том числе для природоохранных мероприятий. В условиях же ухудшения рыночных и логистических условий финансовые возможности отрасли сокращаются, и природоохранные инвестиции, не имеющие рыночной отдачи, оказываются в числе первых статей, подлежащих сокращению. Тем самым ухудшение рыночной и логистической ситуации опосредованно усиливает экологический барьер, перенося экологические издержки отрасли на территорию и население.

Из этого следует, что региональная экономическая политика в отношении угледобывающей отрасли не может строиться на воздействии лишь на одну группу барьеров. Преодоление логистических ограничений за счет развития транспортной инфраструктуры не снимает экологического противоречия; административное ужесточение экологических требований без учета рыночного положения отрасли способно ускорить сокращение добычи и занятости в районах ее размещения. Это определяет необходимость согласованного подхода.

В качестве направлений региональной политики могут быть выделены следующие. Первое - учет экологического фактора в региональных программах развития топливно-энергетического комплекса наравне с производственными и инфраструктурными параметрами, что согласуется с межотраслевым характером действующей энергетической стратегии [6]. Второе - формирование региональных механизмов поддержки природоохранных инвестиций, компенсирующих отсутствие рыночной отдачи таких проектов, поскольку часть их эффекта носит общественный характер. Третье - пространственное планирование размещения угледобывающих объектов и населенных пунктов, направленное на снижение прямого воздействия производства на локальные сообщества. Четвертое - совершенствование регионального статистического учета в отраслевом разрезе, без которого затруднена количественная оценка роли отрасли и обоснование адресных мер политики.

Ограничением настоящего исследования является преимущественно качественный характер анализа, обусловленный отсутствием в открытых источниках статистической детализации по угледобывающей отрасли на региональном уровне. Дальнейшие исследования предполагают количественную оценку вклада отрасли в экономику региона по мере появления соответствующих данных, а также сопоставительный анализ систем барьеров в различных угледобывающих регионах.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие основные результаты.

В ходе работы установлено, что ограничения развития угледобывающей отрасли в экономике региона образуют единую систему из трех групп барьеров — рыночных, инфраструктурно-логистических и экологических. Несмотря на разную природу, эти факторы действуют одновременно и совместно влияют на положение отрасли в регионе.

Важным результатом стало обоснование экологического фактора как самостоятельного экономического барьера, который по своей значимости не уступает рыночным и инфраструктурным ограничениям. Анализ показал, что природоохранные мероприятия не окупаются прямым рыночным эффектом. Из-за этого высокая экологическая нагрузка превращается в постоянное ограничение для развития угледобычи на территории.

Кроме того, в исследовании раскрыт механизм взаимного наложения этих барьеров. Так, ухудшение рыночной конъюнктуры и логистические проблемы снижают финансовые возможности предприятий. Это косвенно усиливает экологический барьер, так как экологические издержки переносятся на саму территорию и местное население.

Выявленные проблемы доказывают необходимость комплексного подхода к региональной экономической политике. Она должна одновременно учитывать производственные, инфраструктурные и экологические стороны работы отрасли. На основе этого в статье предложены конкретные направления такой политики.

В завершение исследования обратим внимание на недостаток данных регионального статистического учета по отраслям. В работе доказана необходимость его улучшения, поскольку без качественной статистики невозможно точно оценить роль отрасли и разработать точечные меры поддержки.

Литература

1. Угольная отрасль России в условиях кризиса 2024–2025 годов: аналитические материалы URL: https://dprom.online
2. Забайкальский край: статистические показатели социально-экономического положения / Федеральная служба государственной статистики URL: https://rosstat.gov.ru
3. Угольная промышленность России в условиях ориентации на углеродно-нейтральную экономику // КиберЛенинка URL: https://cyberleninka.ru (дата обращения: 27.05.2026).
4. Проблемы угольной промышленности России: экспорт и перевозка угля: аналитические материалы URL: https://sber.pro
5. Проблемы и пути повышения экологичности и энергетической эффективности развития угольных предприятий // КиберЛенинка URL: https://cyberleninka.ru (дата обращения: 27.05.2026).
6. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года: Распоряжение Правительства РФ от 12.04.2025 № 908-р.
7. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.12.2024) // Собрание законодательства РФ.
8. Трансакционные издержки в управлении природными ресурсами: обзор зарубежных подходов // КиберЛенинка URL: https://cyberleninka.ru (дата обращения: 27.05.2026).

Barriers to the development of the coal mining industry in the regional economy: logistical, market and environmental constraints (the case of Zabaykalsky krai)

Shchadov V.M.

Irkutsk National Research technical university

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the constraints on the development of the coal mining industry as a structural element of the economy of a resource-extracting region. The relevance of the study is determined by the crisis in the Russian coal industry in 2024–2025 and the need to assess its consequences for regions in whose economy mineral extraction occupies a significant place. Based on the materials of Zabaykalsky Krai, an analysis of the system of barriers to the industry's development is carried out, combining three groups of constraints: market-related, infrastructural and logistical, and environmental. It is shown that the environmental constraint has an independent economic character: environmental protection measures at the enterprise level do not pay off through the market effect, as a result of which the environmental burden of the industry turns into a stable constraint on its development in the territory. The conclusion is substantiated that barriers of different nature overlap and form a complex contradiction of regional development. Directions of regional economic policy aimed at reconciling the production, infrastructural and environmental aspects of the industry's functioning are formulated.

Keywords: regional economics, coal mining industry, resource-extracting region, barriers to development, Eastern range, environmental constraints, regional policy, Zabaykalsky Krai.

References

1. Environmental problems in the development of mineral deposits // CyberLeninka URL: https://cyberleninka.ru (accessed: 27.05.2026).
2. On environmental protection: Federal Law of 10.01.2002 No. 7-FZ (as amended on 26.12.2024) // Collection of Legislation of the Russian Federation.
3. On the rates of payment for the negative environmental impact in 2026–2030: Order of the Government of the Russian Federation of 01.09.2025 No. 2409-r
4. On the approval of the Rules for the calculation and collection of payment for the negative environmental impact: Resolution of the Government of the Russian Federation of 31.05.2023 No. 881.
5. Transaction costs in natural resource management: a review of foreign approaches // CyberLeninka URL: https://cyberleninka.ru (accessed: 27.05.2026).
6. Problems and ways of improving the environmental friendliness and energy efficiency of the development of coal enterprises // CyberLeninka: https://cyberleninka.ru (accessed: 27.05.2026).

Модель оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения

Юдин Виталий Александрович
аспирант, кафедра экономики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, vitaliy.yudin2000@mail.ru

Актуальность работы состоит в текущей тенденции сокращения индекса промышленного производства по предприятиям данной отрасли, а также увеличением затрат на инновационную деятельность за последние семь лет. В работе предложена модель оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроительной отрасли. Применение модели на предприятиях позволит получить достоверную оценку состояния инновационной деятельности, а также точную информацию о состоянии всех составляющих, которые отражают отраслевую специфику. Кроме этого, модель взаимосвязана со стадиями жизненного цикла инноваций, что позволяет последовательно получать данные на протяжении реализаций всех стадий. По итогам работы были сделаны выводы, что модель является гибким инструментом оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения, поскольку предусматривает процедуру анализа результатов оценки и корректировку плановых значений показателей эффективности.
Ключевые слова: модель, эффективность, инновационная деятельность, оценка, процесс, экономика.

Введение

Интерес к исследованию моделей оценки эффективности инновационной деятельности предприятия отрасли машиностроения, представленных в современных научных работах отечественных авторов, вызван текущим состоянием отрасли в России. Так, динамика индекса промышленного производства в стране по ОКВЭД 28 (Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки) в декабре 2025 года сократилась на 7% по отношению к предыдущему году. Индекс производства автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов согласно данным Росстат в декабре 2025 года сократился на 25% относительно предыдущего года. Стоит отметить, что значение этого показателя в 2025 году всегда было ниже значения аналогичного месяца 2024 года [11].

Данное наблюдение свидетельствует о снижении производства в отрасли машиностроения по итогам 2025 года. При этом среди перечня групп, используемых передовых производственных технологий лидирует группа технологий «Производство, обработка, транспортировка и сборка» (около 34% от общего числа передовых технологий). Помимо этого, удельный вес предприятий отрасли машиностроения, осуществляющих технологические инновации за последние 7 лет либо увеличивает, либо остается на примерно том же уровне [11].

Динамика увеличения объема затрат на инновационную деятельность в отрасли машиностроения за последние семь лет (ОКВЭД 28 – на 1,7%, ОКВЭД 29 – на 2,6% ОКВЭД 30 – на 1,7%) позволяет сделать вывод о том, что в стране наблюдается снижение эффективности инновационной деятельности предприятий отрасли машиностроения [11].

Текущие тенденция инновационного развития предприятий данной отрасли обосновывает актуальность разработки модели оценки, способствующей охватить широкий спектр особенностей технологического производства данных предприятий. В модели также важно учесть анализ результатов оценки и следующее за ним нахождение оптимальных значений показателей эффективности. Оптимальные значения необходимы, чтобы грамотно оценить настоящие возможности предприятия среди конкурентов, внедряющих цифровые технологии, а также принять рациональные решения относительно будущего вектора развития предприятия.

В связи с этим целью исследования является разработка модели оценки эффективности инновационной деятельности предприятий отрасли машиностроения. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

–изучить современные подходы к разработке модели оценки инновационной деятельности предприятий машиностроения;

– описать содержание и структуру предлагаемой модели оценки;

– представить подход к определению оптимальных значений показателей эффективности;

– указать преимущества и недостатки модели оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения.

Теоретические основы

Модель в общем виде представляет собой форму отображения отдельно взятого объекта, процесса, явления. Такая форма предполагает выражение необходимых характеристик моделируемого объекта или процесса. Модель позволяет увидеть общее состояние объекта или процесса в отрыве от реального воплощения этого объекта или процесса. Помимо этого, модель помогает спрогнозировать его поведение в случае, когда целенаправленно создаются определенные условия, воздействующие на объект или процесс.

Создание модели на предприятиях отрасли машиностроения в основном реализуется в разработке чертежа детали. Такой чертеж помогает облегчить процесс изготовления детали через соблюдение выполнения всех этапов технологического маршрута и учета параметров детали (длина, высота, ширина, масса, шероховатость изделия и т.д.). По своему назначению чертеж детали – это подробная схема того, как должно выглядеть изделие, и какими внешними характеристиками оно должно обладать.

Модель отдельного процесса или совокупности процессов помогает представить общее положение на производстве. Рассмотрение текущего состояния процесса инновационной деятельности на предприятии маши-

ностроения в виде модели способствует обнаружению источников проблем в достижении результатов объема, качества и себестоимости инновационной продукции.

Наличие современных научных исследований, в которых представляются результаты разработки моделей относительно высокотехнологичного производства на предприятиях машиностроения, отражает не только имеющие трудности в создании инноваций и их приложению к конкретному оборудованию на машиностроительном предприятии, но и актуальность применения моделей в целях улучшения состояния инновационной деятельности.

В работе [1] предлагается модель управления технологическим капиталом машиностроительных предприятий, включающая пять блоков: «идентификация текущего положения на рынке и достигнуты уровень развития технологических ресурсов», «идентификация «магистральных направлений» в управлении технологическим капиталом», «реализация процесса управления технологическим капиталом (модель управления в виде куба)», «определение набора вращений куба», «фиксация достигнутых результатов управления технологическим капиталом» [1]. Основной результат реализации модели – «перевод технологических ресурсов в технологический капитал» [1]. Подход к моделированию процесса управления технологическим капиталом в виде куба позволяет структурировать задачи в рамках данного процесса.

В исследовании Васяйчевой В.А. [2] предложена модель обеспечения эффективности развития инновационной деятельности промышленных предприятий. Здесь применяется процессный подход. Входом процесса служит информация, «аргументирующая потребность в исследовании действующей системы управления» [2]. На выходе получается исходящая информация, приводящая к проявлению динамизма в системе управления предприятием» [2]. Модель содержит три основных блока: «тестирование действующей системы управления инновациями», таксономия целевой системы управления инновациями», «повышение эффективности системы управления инновациями» [2]. В работе [4] также применяется подход последовательных этапов при моделировании процесса «организации работ по реализации инновационно-инвестиционных проектов на предприятии» [4]. В исследовании [6] авторы в качестве модели предлагают последовательность этапов оценки и обеспечения устойчивости развития промышленного предприятия. В научной работе [7] также применяется процессный подход, о чем свидетельствует указание в модели «блока входа» и «блока выхода» [7]. В работе [9] в наиболее явном виде отражен процессный подход при формировании «модели обеспечения технологического суверенитета в машиностроительной отрасли» [9].

В работе [8] автором предложена «многомерная модель оценки эффективности систем управления знаниями в высокотехнологичных компаниях» [8]. Особенность модели состоит в том, что она помимо схемы, распределенной на четыре блока, включает этапы внедрения и методику расчет эффективности систем управления знаниями. В исследовании [10] в виде последовательности и з восьми шагов предложена «модель оценки уровня эффективности партнерской сетевой структуры» [10]. Порядок оценки уровня эффективности производится по уровням иерархии (цель, индикаторы, альтернативы) [10]. Модель аналогично ранее рассмотренным примерам содержит формализацию расчета уровня эффективности.

Таким образом, можно сделать вывод, что общая характеристика моделей оценки состояния инновационной деятельности промышленных предприятий включает последовательность этапов моделируемого процесса, а также формализацию процедуры расчета. Описывая историю появления подходов к управлению производственными процессами в отрасли машиностроения, автор работы [5] отмечает «модели системы качества разнообразных вариантов процессов производства» [5], изданные в 1987 году («ISO 9001», «ISO 9002», «ISO 9003») [5].В исследовании [3] в качестве методики построения модели развития отрасли машиностроения выделяются два этапа: «концептуализация» и «формализация».

По итогам изучения теоретических основ следует заключить, что формирование четкой структуры модели, последовательность этапов, описывающих моделируемый процесс, а также наличие интерпретации данных являются основными составляющими выступают фундаментом для построения модели оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения.

Методология исследования

Методика реализации модели оценки эффективности инновационной деятельности включает в себя этапы, обозначающие основные элементы процедуры оценки:

– проведение подготовительных мероприятий (планирование затрат на НИОКР, себестоимости инновационной продукции, ожидаемого уровня продаж и т.д.)

– разработка интегрального показателя эффективности инновационной деятельности предприятия машиностроения;

– разработка способа интерпретации данных оценки эффективности инновационной деятельности (шкалы оценки);

– осуществление процедуры оценки эффективности инновационной деятельности предприятия машиностроения;

– анализ результатов оценки.

Каждый из этих этапов, согласно методике оценки, соотносится со стадиями жизненного цикла инноваций. Так, например, реализация подготовительных процедур (первый этап модели) осуществляется в рамках проведения фундаментальных, прикладных научных исследований и опытно-конструкторских работ.

Разработку интегрального показателя (второй этап) необходимо проводить на стадии внедрения инновационной продукции на рынок, а также на стадии роста объема продаж, поскольку на стадии внедрения определяется объем затрат на маркетинг и логистику инновационной продукции, что позволяет получить актуальные данные по показателям цифровой эффективности инновационной деятельности предприятия, а также определить плановые значения показателя материально-технического обеспечения реализации инновационного процесса.

Разработку шкал оценки эффективности (третий этап) следует выполнять на стадии стабилизации объема продаж и следующего за ним замедления роста сбыта инновационной продукции.

Этап оценки эффективности инновационной деятельности предприятия (четвертый этап) необходимо проводить на стадии спада объема продаж. Своевременная реализация процедуры оценки позволит избежать временного лага в принятии решения относительно инновационной продукции в рамках завершения жизненного цикла инноваций.

Анализ процесса оценки эффективности (пятый этап) позволит получить итоговое значение интегрального показателя и определить уровень эффективности инновационной деятельности предприятия. Результаты анализа помогут принять обоснованное решение относительно последующих действий по развитию и совершенствованию инновационной деятельности предприятия.

В модели предусмотрен подход к определению оптимальных значений показателей эффективности. Для реализации данной процедуры предусмотрены следующие условия оптимальности:

– значение интегрального показателя $S_{\text{ид}} \geq 3{,}50$;

– фактический объем продаж $S_{\text{ФАКТ}}$ отличается не более чем на 10% от планового значения $S_{\text{ПЛАН}}$;

– фактический объем выручки $R_{\text{ФАКТ}}$ отличается не более чем на 10% от планового значения $R_{\text{ПЛАН}}$;

– сумма нормализованных значений более чем трех групп показателей $X_i \geq 3{,}0$ (если текущий уровень эффективности «средний»), $X_i \geq 4{,}0$ (если текущий уровень эффективности «выше среднего»).

Результаты исследования

Модель построена на основе процессного подхода, где входом процедуры оценки выступает информация об отклонениях экономических показателей эффективности инновационной деятельности предприятия, а также поступивший от руководства предприятия и руководителя инновационного проекта запрос на проведение мероприятий по оценке текущего уровня эффективности реализации инновационного процесса. На выходе получается итоговое значение интегрального показателя, которое характеризует уровень эффективности инновационной деятельности предприятия машиностроения.

Модель включает пять этапов процедур оценки эффективности ИД предприятия машиностроения: подготовительные мероприятия, реализация мероприятий по планированию эффективности ИД на основе модели подпроцессов управления ИД, разработка интегрального показателя оценки эффективности ИД, разработка шкал оценки эффективности ИД, непосредственное осуществление оценочных процедур, анализ результатов оценки эффективности ИД.

По итогам оценивается соотношение фактического значения интегрального показателя с ожидаемым плановым значением. При обнаружении несоответствия проводится поиск ошибок на предыдущих стадиях оценки эффективности ИД. В ситуации отсутствия ошибок на всех этапах оценки эффективности ИД делается заключение о том, что ИД предприятия обладает эффективностью.

По результатам анализа итогов оценки в ситуации несоответствия фактического значения интегрального показателя плановому значению проводится поиск оптимальных значений показателей эффективности.

Результаты корректировки значений показателей выступают входом повторного запуска процесса оценки эффективности инновационной деятельности. При несоответствии значения интегрального показателя плановому перераспределение значений шести показателей не приведет к желаемому результату. По результатам определения оптимальных значений показателей эффективности могут быть приняты следующие меры:

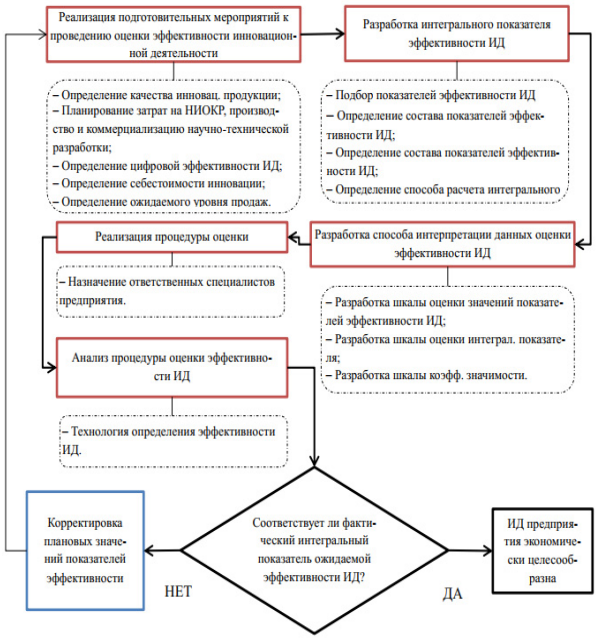


Рисунок 1 – Модель оценки эффективности инновационной деятельности предприятий машиностроения

– сократить масштабы производства инновационной продукции на определённый срок;

– принять в качестве ожидаемого уровня эффективности по шкале тот, которые стоит перед текущим уровнем эффективности;

– поиск нового рынка сбыта инновационной продукции;

– пересмотреть состав показателей технологического процесса, внесение изменений в нормативные показатели технических характеристик инновационной продукции;

– отказ от цифровых технологий, не оказывающих ожидаемый ресурсосберегающий эффект на производственный процесс с последующей заменой и внедрением наиболее эффективной цифровой технологии.

Предложенные меры позволяют снизить потенциальные финансовые потери от реализации инновационной деятельности. Снижение ожиданий относительно уровня эффективности помогает принять наиболее реалистичное и достигаемое значение интегрального показателя с учетом имеющихся барьеров и препятствий в процессе обеспечения наиболее высокого уровня эффективности реализации инновационной продукции.

Таким образом, на этапе анализа результатов оценки могут быть выявлены неточности в итоговых значениях. Поиск причины ошибок следует проводить последовательно, начиная с первого этапа модели. Такой последовательный поиск помогает своевременно обнаруживать причины и предпосылки нарушений в процессе оценки эффективности инновационной деятельности предприятия машиностроительной отрасли. Поэтапный поиск ошибок и нарушений по предложенной модели позволяет снизить временные и организационные издержки на проверку корректности реализации всех стадий жизненного цикла инноваций и обеспечивает гибкость модели к возникающим изменениям на рынке инновационной продукции.

Гибкость модели в данном контексте означает возможность корректировки основного набора показателей, исходя из смены степени приоритетности отдельных индикаторов, в связи с формированием предложения более высококонкурентной инновационной продукции. Кроме этого, создание и широкое распространение новых технологий среди предприятий машиностроения вызывает необходимость смены критериев оценки эффективности технологического процесса, что влечет за собой изменение содержания системы показателей. Тем не менее, подобные изменения не скажутся на способе расчета интегрального показателя.

Изменение показателей эффективности не влечет за собой изменение в алгоритме расчета интегрального показателя. В данной ситуации может измениться плановое значение интегрального показателя, однако структура интегрального показателя по-прежнему остается неизменной и включает 6 показателей эффективности инновационной деятельности.

Реализация процесса оценки эффективности предполагает организационные и финансовые издержки. По этой причине на первом этапе модели учитываются плановые значения затрат на организацию данного процесса. Организационные издержки включают в себя мероприятия по формированию группы сотрудников предприятия, которые будут осуществлять отдельные функции в рамках процесса оценки эффективности. К таковым функциям относятся: сбор данных по показателям эффективности, их систематизация, подготовка отчета о результатах оценки эффективности, мониторинг нарушений реализации процесса оценки эффективности инновационной деятельности, анализ итогового значения интегрального показателя, разработка предложений по достижению оптимальных значений эффективности и т.д.

Заключение

Таким образом, можно заметить, что в предложенной модели процесса оценки эффективности инновационной деятельности предприятия машиностроения выстраивается взаимосвязь этапов и их элементов со структурой интегрального показателя. Проведение каждого этапа строится на результатах реализации предыдущих этапов. Повторное возвращение на первый этап модели в результате несоответствия фактического значения интегрального показателя, либо основных экономических показателей инновационной деятельности позволяет приблизиться к ожидаемому уровню эффективности инновационного процесса предприятия через корректировку и распределение плановых значений показателей эффективности.

Модель способствует агрегированию показателей эффективности в единый интегральный показатель. Гибкость модели, проявляющаяся в смене набора отдельных индикаторов показателей эффективности, помогает актуализировать результаты процесса оценки эффективности инновационной деятельности в условиях цифровизации, которые изменяются в ускоренном темпе. Модель обеспечивает адаптацию инновационного процесса на предприятии под эти изменения и одновременно оценивает эффективность проведенной адаптации и внедрения автономных цифровых технологий в производственный процесс.

Направление будущих исследований будет связано с практической апробацией модели оценки эффективности инновационной деятельности на конкретных предприятиях отрасли машиностроения.

Литература

1. Андреев, В.Н. Концептуальная модель управления технологическим капиталом машиностроительных предприятий в условиях обеспечения суверенитета отечественной промышленности // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Том 14. – № 7. – С. 3663–3682.

2. Васяйчева, В.А. Модель обеспечения эффективности развития инновационной деятельности промышленных предприятий // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». 2024. Т. 19, № 1. С. 5–15.

3. Инговатова, В.А. Методические основы построения модели устойчивого развития отрасли машиностроения // Прикладные экономические исследования. – 2025. – № S4. – С. 149–156.

4. Караваева, Ю.С. Управление инновационной и инвестиционной деятельностью отечественных предприятий в рамках управления проектами //Вопросы региональной экономики. – 2024. – №. 1. – С. 58.

5. Ладошин, М.П. Эволюция подходов к управлению производственными процессами в машиностроении / М.П. Ладошин // Современные тенденции развития науки, общества и образования (шифр - МНСТ 7) : сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 10 сентября 2024 года. – Москва: ООО «Издательство Академическая среда», 2024. – С. 35-40.

6. Моделирование процесса оценивания и обеспечения организационно-экономической устойчивости машиностроительного предприятия / Е.С. Постникова, М.И. Сидоров, М.Е. Ставровский, А.В. Цырков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 98-104.

7. Полшков, Ю.Н. Организация производства и управление развитием бизнес-процессов на предприятиях машиностроительной отрасли: прикладное моделирование и его практическое применение / Ю.Н. Полшков, А.И. Маевский // Финансовый менеджмент. – 2025. – № 10. – С. 220-230.

8. Стариков, Д.А. Модель оценки эффективности систем управления знаниями в высокотехнологичных компаниях / Д.А. Стариков // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № S2.

9. Шинкевич, А.И. Моделирование факторов сетевого взаимодействия машиностроительных предприятий и научного сектора / А.И. Шинкевич, Я.В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т. 26, № 2(118). – С. 70-79.

10. Фролова, С.В., Дебердиева, Е.М. Модель комплексной оценки эффективности функционирования партнерской сетевой структуры // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2024. № 1. С. 48–64.

11. Федеральная служба государственной статистики [официальный сайт]. – URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 15.05.2026)

A model for evaluating the effectiveness of innovation activities of machine-building enterprises

Yudin V.A.
Samara University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The relevance of the work lies in the current trend of a decrease in the industrial production index for enterprises in this industry, as well as an increase in the costs of innovative activities over the past seven years. The paper proposes a model for assessing the effectiveness of innovative activities at enterprises in the machine-building industry. The application of this model at enterprises will allow for an accurate assessment of the state of innovative activities, as well as precise information about the state of all components that reflect the industry's specific features. Additionally, the model is interconnected with the stages of the innovation lifecycle, enabling consistent data collection throughout the implementation of all stages. Based on the results of the work, it was concluded that the model is a flexible tool for assessing the effectiveness of innovative activities at machine-building enterprises, as it provides for the analysis of assessment results and the adjustment of planned values for efficiency indicators.

Keywords: model, efficiency, innovation, evaluation, process, economics.

References

1. Andreev, V.N. Conceptual Model of Managing the Technological Capital of Machine-Building Enterprises in the Context of Ensuring the Sovereignty of the Domestic Industry // Economics, Entrepreneurship, and Law. – 2024. – Vol. 14. – No. 7. – Pp. 3663–3682
2. Vasyaycheva, V.A. Model of Ensuring the Effectiveness of Innovative Activity Development at Industrial Enterprises // Bulletin of Perm University. Series "Economics". 2024. Vol. 19, No. 1. Pp. 5–15.
3. Ingavatova, V.A. Methodological Foundations of Building a Sustainable Development Model for the Mechanical Engineering Industry // Applied Economic Research. – 2025. – No. S4. – Pp. 149–156.
4. Karavaeva, Yu.S. Management of Innovative and Investment Activities of Domestic Enterprises within the Framework of Project Management //Issues of Regional Economics. – 2024. – No. 1. – P. 58.
5. Ladoshin, M.P. Evolution of Approaches to Managing Production Processes in Mechanical Engineering / M.P. Ladoshin // Modern Trends in the Development of Science, Society, and Education (MNST 7): Collection of Papers from the 7th International Scientific and Practical Conference, Moscow, September 10, 2024. – Moscow: LLC Publishing House Academic Environment, 2024. – Pp. 35-40.
6. Modeling the process of evaluating and ensuring the organizational and economic sustainability of a machine-building enterprise / E.S. Postnikova, M.I. Sidorov, M.E. Stavrovsky, A.V. Tsyrkov // Izvestiya of Tula State University. Technical Sciences. – 2024. – No. 8. – Pp. 98-104.
7. Polshkov, Yu.N. Organization of Production and Management of Business Process Development at Machine-Building Enterprises: Applied Modeling and Its Practical Application / Yu.N. Polshkov, A.I. Maevsky // Financial Management. – 2025. – No. 10. – Pp. 220-230.
8. Starikov, D.A. Model for Assessing the Effectiveness of Knowledge Management Systems in High-Tech Companies / D.A. Starikov // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17, No. S2.
9. Shinkievich, A.I. Modeling of Factors of Network Interaction of Mechanical Engineering Enterprises and the Scientific Sector / A.I. Shinkievich, Ya.V. Denisova // Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2024. – Vol. 26, No. 2(118). – Pp. 70-79.
10. Frolova, S.V., and Deberdieva, E.M. A Model for Comprehensive Evaluation of the Effectiveness of a Partner Network Structure // Models, Systems, and Networks in Economics, Technology, Nature, and Society. 2024. No. 1. Pp. 48–64.
11. Federal State Statistics Service [official website]. – URL: https://rosstat.gov.ru/ (accessed: 15.05.2026)

Экономическая эффективность освоения трудноизвлекаемых углеводородов России: проблемы и перспективы

Пашинин Олег Александрович
Аспирант, кафедра национальной экономики, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1042250501@rudn.ru

В научной работе исследуются проблемы и перспективы повышения экономической эффективности освоения трудноизвлекаемых углеводородов в России. Актуальность темы обусловлена изменением структуры минерально-сырьевой базы нефтегазового комплекса, истощением традиционных месторождений, ростом доли трудноизвлекаемых запасов в добыче и необходимостью повышения технологического суверенитета в ТЭК РФ.
Цель работы состоит в выявлении ключевых экономических, технологических и институциональных факторов, определяющих эффективность вовлечения трудноизвлекаемых углеводородов в промышленную разработку. В статье рассмотрены особенности формирования затрат при освоении трудноизвлекаемых запасов, продемонстрирована зависимость инвестиционной привлекательности проектов от налоговой нагрузки, доступности отечественных технологий, качества нефтесервисной инфраструктуры, стоимости капитала и возможностей снижения удельных затрат на жизненном цикле проекта.
Научная база работы основана на статистических государственных и корпоративных данных, мнениях и оценках отраслевых экспертов, нормативно-правовой базы и Стратегий импортозамещения и развития ТЭК.
Ключевые слова: трудноизвлекаемые углеводороды; нефтегазовый комплекс; экономическая эффективность нефтедобычи; нефтесервисные услуги; технологический суверенитет.

Введение

Освоение трудноизвлекаемых углеводородов (ТРИЗ) приобретает для российских нефтегазовых компаний стратегическое значение в современных политических и экономических нестационарных условиях. Нефтегазовый комплекс РФ не смотря на снижение его доли в формировании консолидированного бюджета продолжает играть ключевую роль в национальной экономике, обеспечивая значительную часть экспортных валютных поступлений, а также инвестиционного спроса в промышленности и занятости в добывающих регионах. Именно поэтому поддержание устойчивой добычи нефти и газового конденсата в долгосрочной перспективе становится не только отраслевой, но и российской макроэкономической задачей.

По оценкам последних лет, добыча нефти с газовым конденсатом в России в 2025 году составила около 511,8 млн.т., тогда как долгосрочные ориентиры энергетического развития предполагают возможность сохранения уровня порядка 540-550 млн.т. к 2030 году. [4] Однако достижение установленных целей осложняется зрелостью значительной части традиционных месторождений, который провоцирует рост обводненности из-за частого использования технологий интенсификации добычи, снижением дебитов скважин и, как следствие, увеличением удельной себестоимости добычи. В таком ключе трудноизвлекаемые запасы превращаются из дополнительного резерва в один из основных источников поддержания ресурсной устойчивости и добычи в НГК России.

Основная часть

В российской практике категория трудноизвлекаемых углеводородов объединяет в себе неоднородные по геологической природе и экономическому содержанию объекты. В нее включаются:

- низкопроницаемые коллекторы,
- высоковязкая и сверхвязкая нефть,
- запасы в сложнопостроенных залежах,
- ресурсы особых регионов Баженовской, Тюменской, Ачимовской, Абалакской, Доманиковой, Хадумской и др. свит. [8]

Подобное разнообразие видов причисляемых к ТРИЗ формирует методическую и техническую сложность экономической оценки, т.е. нельзя использовать единый норматив себестоимости, единый коэффициент извлечения или единую ставку инвестиционной доходности для всех видов трудноизвлекаемых запасов. Поэтому создание единой (универсальной) методики и стандартизация коэффициентов не могут установить и определить единый перечень технологий и подходов, а также стоимостные коэффициенты оценки функциональности технологий при добыче и интенсификации [16, С.36-37]

Наиболее существенное отличие запасов ТРИЗ от традиционных заключается в структуре затрат. Для традиционного месторождения основная экономическая задача состоит в оптимизации бурения, инфраструктуры, операционных расходов и налоговой нагрузки. Для трудноизвлекаемых запасов к этому добавляется блок затрат на технологическую неопределенность: геологическое моделирование, пилотные испытания, опытно-промышленную разработку, повторные операции интенсификации, адаптацию оборудования и программного обеспечения, а также формирование компетенций персонала. Поэтому даже при сопоставимом объеме запасов проект ТРИЗ может иметь принципиально иной инвестиционный профиль.

Изменение структуры ресурсной базы нефтегазового комплекса России является следствием длительной эксплуатации крупнейших нефтегазоносных провинций, прежде всего Западной Сибири, Волго-Уральского региона и Тимано-Печорской провинции. На протяжении нескольких десятилетий именно крупные традиционные месторождения обеспечивали основную часть добычи, с относительной низкой себестоимостью, которая не создавала необходимости компаниям инвестировать в технологии повышения доступности запасов и снижения их себестоимости извлечения. Однако по мере перехода базовых месторождений на поздние стадии разработки происходит ухудшение производственных параметров: растет обводненность продукции, снижается средний дебит новых и действующих скважин, одновременно увеличивается объем поддерживающих геолого-технических мероприятий, которые формирует современный комплекс методов увеличения нефтеотдачи (МУН). [6, С. 144]

Значимость обозначенных проблем подтверждается отраслевыми оценками: общие разведанные запасы нефти в России составляют около

31 млрд.т, при этом рентабельная часть на начало 2026 года оценивалась в 13 млрд т. [4] Более половины извлекаемых запасов относится к категориям, требующим специальных технологических и/или налоговых условий. Доля трудноизвлекаемых запасов в текущей добыче по консолидированным оценкам находится на уровне 55–60% в зависимости от методики учета, а в перспективе может увеличиться до 70% к 2030 году и до 80%+ к 2050 году. По данным Минэнерго доля ТРИЗ к 2030 году составит 80% и больше. Капитальные затраты, так и операционные на добычу такой нефти будут расти. То есть природная рента - прибыль, которую можно поделить между инвестором и государством. [3] (Рисунок 1.)

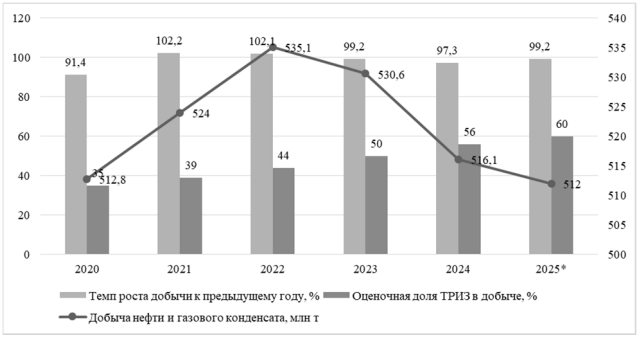


Рисунок 1. Динамика добычи нефти и газового конденсата в России и оценка роли трудноизвлекаемых запасов в 2020–2025 гг.
** - прогнозное значение по 3 кварталам 2025 года.*
Источник: составлено автором на основе [4, 9].

Данные Рисунка 1 демонстрируют структурную тенденцию: даже при относительно стабильной совокупной добыче (не учитывая пик 2022 года в следствии роста цен) меняется ее внутреннее качество. Если в 2020 году условная добыча из трудноизвлекаемых запасов могла составлять 180-200 млн т, то к 2025 году она приближается к 300 млн т.

Тенденция означает, что поддержание добычи все в большей степени обеспечивается не за счет простого расширения традиционной ресурсной базы, а за счет усложнения технологического профиля проектов, а экономическая эффективность нефтедобычи становится более зависимой от капитальных затрат, стоимости нефтесервисных работ, доступности отечественного оборудования и скорости технологического обучения, при недостижении комплексного эффекта при анализе условий в совокупности, единственный механизм, который может оказать положительное воздействие – налоговый рычаг и создание льготных условий налогообложения. [10] Однако, учитывая общую внутригосударственную тенденцию на повышение налоговых ставок и увеличения контроля за совершаемыми сделками и действиями компаний, данный механизм будет являться последней стадией помощи государства компаниям НГК. При этом, по данным Минэнерго помощь вероятнее всего будет более комплексная, но зависимая от установленного понятийного аппарата технологий и составляющих ТРИЗ, т.е. становиться необходимым определиться с понятийным аппаратом, определить технологии добычи, после чего разрабатывать стимулирующие меры, формируя рабочие модели влияния на ТРИЗы и выводить в тираж, и распространять на них НДД учитывая долю отечественных технологий. [9]

Динамика Рисунка 2 подтверждает, что экономическая эффективность освоения ТРИЗ не является фиксированной величиной, изменяемой по мере накопления производственного опыта и реализации Стратегии импортозамещения РФ.

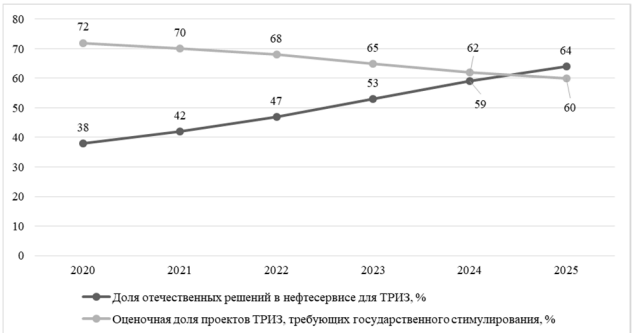


Рисунок 2. Оценочная динамика ключевых экономических параметров освоения трудноизвлекаемых углеводородов в России в 2020–2025 гг.
Источник: составлено автором на основе [4, 18 С.52].

На начальной стадии освоения сложных запасов новые проекты имеют значительно отрицательный NPV и могут оставаться нерентабельными в долгосрочном периоде. Однако при успешной отработке технологии, стандартизации операций и формировании сервисной базы его экономика способна существенно улучшаться, что требует, в свою очередь, от компаний проведений долгосрочных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), которые не смогут позволить дать «быстрый» эффект для месторождений, чьи запасы могут извлекаться десятилетиями и добыча чаще приостанавливается не из-за исчерпания запасов, а повышение себестоимости добычи и интенсификации. [12, С.15-16]

В России средний коэффициент извлечения нефти (КИН) по нефтяным месторождениям в отраслевых оценках составляет около 27–30%, тогда как по активным запасам он может достигать 38–45%; при этом для низкопроницаемых коллекторов показатель часто находится в диапазоне 20–35%, а для высоковязких нефтей — 15–25%. [13] Для ТРИЗ коэффициент извлечения изначально, как правило, ниже, а его повышение сопряжено с технологически сложными и капиталоемкими решениями: горизонтального бурения, многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП), термических, химических и иных методов увеличения нефтеотдачи, а также более точного цифрового моделирования залежей.

В этом состоит принципиальное отличие проектов ТРИЗ от традиционной добычи: экономический результат зависит не только от цены углеводородов и капитальные затраты (CAPEX-проекта), но и от того, удастся ли технологически превратить геологический ресурс в извлекаемый запас с приемлемой себестоимостью. С учетом того, что доля трудноизвлекаемых запасов в текущей добыче оценивается выше 50% в зависимости от методики учета, даже повышение КИН на несколько процентных пунктов способно увеличить добычный потенциал и продлить жизненный цикл зрелых нефтегазодобывающих регионов. [1]

По отдельным проектам освоения, к примеру, Баженовской свиты в открытых отраслевых оценках указывается снижение затрат с уровня около 30 тыс. руб. за тонну в 2017 г. до 8,5 тыс. руб. за тонну к 2024 г., что демонстрирует экономический потенциал тиражирования технологий даже на технологически сложных проектах. При этом такой показатель нельзя транспонировать без дополнительных операционных и капитальных затрат на все категории ТРИЗ, поскольку себестоимость существенно различается в зависимости от типа коллектора, глубины залегания, вязкости нефти, инфраструктуры и налогового режима. [16, С.33]

По Рисунку 3, с одной стороны, условный CAPEX на новую скважину с большей долей ТРИЗ в объемах добычи возрастает с 310 млн руб. в 2020 году до 475 млн руб. в 2025 году, что связано с удорожанием оборудования, ростом сложности бурения и повышением требований к геофизическому сопровождению.

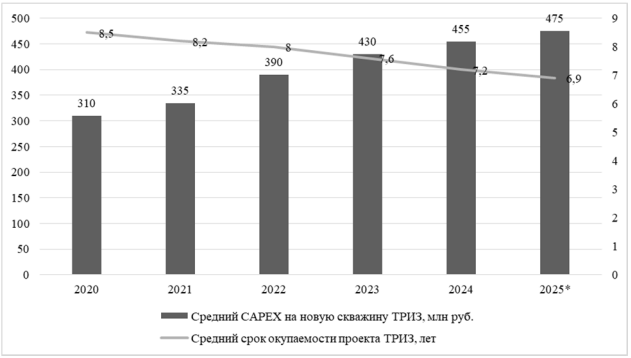


Рисунок 3. Оценочная динамика параметров себестоимости и технологической эффективности освоения ТРИЗ в России
Источник: составлено автором на основе [2, С. 759-762, 4].

С другой стороны, средняя оценочная себестоимость добычи снижается с 15,8 до 11,8 тыс. руб./т., как и средний срок окупаемости проекта скважины с 8,5 до 6,9 лет в 2025 году. Расхождение объясняется тем, что рост капитальных затрат частично компенсируется повышением технологической результативности и эффектом возврата технологий (восстановлением технологической базы за счет российских импортозамещенных устройств). [11]

С точки зрения промышленной политики освоение ТРИЗ формирует устойчивый спрос на российский нефтесервис. По данным Минэнерго РФ - критически важными оцениваются: оборудование для горизонтального бурения (67%), многостадийного ГРП (52%), роторные управляемые системы (27%), телеметрические комплексы разведки и оценки запасов (45%), насосное оборудование (78%), ПО для геологического и

гидродинамического моделирования (39%). Можно отметить, что импортозамещение должно оцениваться не только по доле локализации, но и по показателям эффективности, которые возможно воспроизвести только в сравнении с общемировыми значениями. [4, 11]

Вторым ключевым элементом выступает налоговое стимулирование. Для ТРИЗ стандартная фискальная модель часто снижает инвестиционную привлекательность, поскольку значительная часть дохода изымается до выхода проекта на устойчивую окупаемость. Поэтому применение НДД, пониженных ставок НДПИ и специальных режимов для отдельных категорий запасов может рассматриваться как механизм выравнивания условий между традиционными и сложными запасами, однако данная модель не может воспроизводиться комплексно для всех месторождений, а оцениваться индивидуально для каждого проекта отдельно. Наиболее эффективное применение в мировой практике – применение налоговых льгот для проектов, которые основаны на новых технологических и даже экспериментальных решениях, стимулируя компании получать государственную поддержку не на разработку технологий, а ее апробацию. [5]

Одним из элементов для апробации технологий могут служить занимают технологические полигоны, поскольку они позволяют снизить неопределенность до начала масштабной промышленной разработки. Для ТРИЗ пилотный этап необходим для определения оптимальных параметров, которые можно транспонировать на реальные объекты. Без данной отработки возрастает риск тиражирования неэффективных решений. Поэтому технологические полигоны многими российскими компаниями рассматриваются как инструмент снижения инвестиционных рисков и ускорения перехода от экспериментальной добычи к промышленному освоению. Дополнительный эффект формируется на региональном уровне. [7] Значительная часть ТРИЗ сосредоточена в нефтегазодобывающих регионах, где добыча определяет занятость, налоговую базу и загрузку подрядных организаций.

Таким образом, повышение экономической эффективности освоения ТРИЗ требует перехода от разрозненных проектов к программному и системному управлению. Наибольший эффект может быть достигнут только при комплексном сочетании этих мер: налоговые льготы без технологий не обеспечат роста добычи, а технологии без экономически приемлемого режима не получат промышленного масштабирования. Данный аспект подробно описан в научных трудах Черняева М.В., в которых автор предлагает решение главного конфликта интересов в НГК – конфликта между государством и недропользователем [14, 15].

Вовлечение в разработку ТРИЗ поддерживает социально-экономическую модель, при которой вовлекаются сопредельные отрасли и государственные институты, что создает положительный мультипликативный эффект не только для участников нефтегазового рынка, но и для российской экономики в целом.

Заключение

В заключении можно отметить, что освоение ТРИЗ углеводородов является одним из ключевых направлений поддержания долгосрочной устойчивости нефтегазового комплекса России. По мере истощения крупных традиционных месторождений, роста обводненности, снижения дебитов скважин и увеличения технологической сложности добычи именно ТРИЗ становятся важным источником воспроизводства ресурсной базы и сохранения производственного потенциала отрасли.

Социально-экономическая эффективность освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов имеет комплексный характер и оцениваться как с позиции доходности компаний, так и экономического эффекта для государства не только в налоговых поступлениях, но и технологической безопасности, кадровой занятости. Для ТРИЗ проектов в данном ключе определяющее значение имеют геологические характеристики залежей, технологическая готовность, стоимость бурения и интенсификации добычи. В отличие от традиционных запасов, проекты с высоким ТРИЗ обладают выраженной инновационно-инвестиционной природой, поэтому требуют более длительного периода опытно-промышленной отработки и более гибкой системы экономической оценки.

Ключевая проблема заключается в несоответствии между стратегической значимостью трудноизвлекаемых запасов для государства и ограниченной коммерческой привлекательностью части проектов для недропользователей. Для государства вовлечение компаний в полную разработку ТРИЗ - поддержание добычи нефти и газового конденсата в долгосрочной перспективе на уровне, близком к 511,8 млн т в 2025 году, с дальнейшим сохранением отраслевого ориентира порядка 540–550 млн т к 2030 году и бюджетной базы, занятости в добывающих регионах и снижение технологической зависимости.

С другой стороны, для компаний такие проекты связаны с высокой капиталоемкостью: CAPEX на новую скважину с высокой долей ТРИЗ в добыче, по расчетным оценкам будет выше с каждым процентом повышения глубины переработки. В текущей ситуации, когда компании НГК России подвержены санкционным ограничениям инвестиционная привлекательность осложняется длительным сроком окупаемости, которому предпочитают получение краткосрочной прибыли. И несмотря на снижение оценочной себестоимости добычи с 15,8 тыс. руб./т до 11,8 тыс. руб./т в 2025 году, часть новых проектов с добычей ТРИЗ работает по точке безубыточности. [17, С. 72-73]

Но в целом, перспективы повышения экономической эффективности освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов связаны с формированием комплексного организационно-экономического механизма, учитывающего масштабы ресурсной задачи извлечь более 31 млрд.тонн разведанных запасов при их востребованности на мировом рынке и окупаемости. В данных условиях ключевыми направлениями должны стать развитие технологических полигонов, поддержка российского нефтесервиса, совершенствование налоговых режимов, расширение прикладных НИОКР, и развитие региональных производственных кластеров. При сочетании с активной заменой оборудования на российские аналоги и постепенным повышением его качества и функциональных параметров это может предоставить более конкурентные позиции для российских углеводородов на мировом рынке даже в динамичных политических и экономических условиях.

Литература

1. Галушко М. В. Спешилова Н.В., Веревкин В.А. Нефтегазовый сервис в структуре нефтегазовой отрасли как необходимый ресурс повышения инвестиционной привлекательности нефтегазовой промышленности // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 2.
2. Крюков В. А., Токарев А.Н. Формирование условий для освоения трудноизвлекаемых запасов нефти: необходимость учета региональных аспектов // Экономика региона. – 2022. – Т. 18, № 3. – С. 755–769.
3. Минэнерго: В нашей добыче доля трудноизвлекаемой нефти составит 80% к 2030 году – URL: https://rg.ru/2024/09/26/minenergo-v-nashej-dobyche-dolia-trudnoizvlekaemoj-nefti-sostavit-80-k-2030-godu.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 02.06.2026).
4. Минэнерго России – URL: https://minenergo.gov.ru/ (дата обращения: 05.06.2026).
5. Налог на дополнительный доход от добычи углеводородного сырья // Федеральная налоговая служба Российской Федерации: официальный сайт. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/taxes/ndd/ (дата обращения: 03.06.2026).
6. Поротькин Е. С. Проблемы и перспективы обеспечения российских нефтегазовых компаний технологическим оборудованием в условиях санкционного давления и цифровизации / Е. С. Поротькин // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 12(125). – С. 142–147.
7. Сазанов А.: без определенности с понятием трудноизвлекаемых запасов нефти и газа говорить о налоговых льготах преждевременно – URL: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=39978-aleksei_sazanov_bez_opredelennosti_s_ponyatiem_trudnoizvlekaemykh_zapasov_nefti_i_gaza_govorit_o_nalogovykh_lgotakh_prezhdevremenno (дата обращения: 09.06.2026).
8. Сложный путь трудной нефти. Обзор // Интерфакс. URL: https://www.interfax.ru/business/843599 (дата обращения: 01.06.2026).
9. Сорокин: к 2040 году 80% нефтегазовых запасов можно будет отнести к ТРИЗ – URL: https://oilcapital.ru/news/2025-10-15/sorokin-k-2040-godu-80-neftegazovyh-zapasov-mozhno-budet-otnesti-k-triz-5491631?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 03.06.2026).
10. Трудноизвлекаемая нефть ждет господдержки // Ведомости. Промышленность. URL: https://www.vedomosti.ru/industry/industrial_policy/articles/2024/09/16/1062594-trudnoizvlekaemaya-neft-zhdet-gospodderzhki (дата обращения: 03.06.2026).
11. Трудности добычи // ТАСС: специальный проект. – URL: https://triz.tass.ru/ (дата обращения: 02.06.2026).
12. Филимонова И. В. Влияние сырьевой базы на инновационное развитие нефтедобывающих регионов России / И. В. Филимонова, А. В. Комарова, В. Ю. Немов, Ю. А. Дзюба, А. В. Чеботарева // География и природные ресурсы. – 2022. – Т. 43, № 1. – С. 13–20.
13. Через тернии к нефти: перспективы добычи трудноизвлекаемых запасов в РФ – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7605077 (дата обращения: 02.06.2026).
14. Черняев М.В. Направления повышения эффективности функционирования нефтегазового комплекса как основа обеспечения энергетической безопасности России // диссертация на соискание ученой степени

кандидата экономических наук / Российский университет дружбы народов. Москва, 2014, – С. 12-13.

15. Черняев М.В., Палеев Д.Л. Пути укрепления энергетической безопасности России в условиях обострения геополитической ситуации // Экономические системы. 2022. – Т. 15. № 4. – С. 154-164.

16. Шарф И. В., Чухарева Н.В. Действенность налога на дополнительный доход от добычи углеводородов // Горный журнал. – 2023. – № 2. – С. 32–38.

17. Шпуров И.В., Смирнов А.Ю., Лопатин А.Ю. Цели и особенности классифицирования трудноизвлекаемых запасов углеводородов российской федерации / И. В. Шпуров // Геология нефти и газа. – 2025. – № 3. – С. 70–76.

18. Юмаев М. М., Самарина Д.О. Развитие налогообложения добычи нефти в сложных экономических условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2022. – № 5–6(179). – С. 50–55.

Economic efficiency of the development of Russia's hard-to-recover hydrocarbons: problems and prospects

Pashinin O.A.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The scientific work examines the problems and prospects of increasing the economic efficiency of the development of hard-to-recover hydrocarbons in Russia. The relevance of the topic is due to the changing structure of the mineral resource base of the oil and gas complex, the depletion of traditional deposits, the growing share of hard-to-recover reserves in production and the need to increase Russian technological sovereignty in the fuel and energy sector.

The aim of the work is to identify key economic, technological and institutional factors that determine the effectiveness of involving hard-to-recover hydrocarbons in industrial development. The article examines the specifics of cost formation in the development of hard-to-recover reserves, shows the dependence of the investment attractiveness of such projects on the tax burden, the availability of domestic technologies, the quality of oilfield services infrastructure, the cost of capital and the possibility of reducing unit costs over the life cycle of the project.

The scientific base of the work is based on statistical government and corporate data, opinions and assessments of industry experts, the regulatory framework and Strategies for import substitution and fuel and energy sector development.

Keywords: hard-to-recover hydrocarbons; oil and gas complex; economic efficiency of oil production; oilfield services; technological sovereignty.

References

1. Galushko M. V. Speshilova N.V., Verevkin V.A. Oil and gas service in the structure of the oil and gas industry as a necessary resource for increasing the investment attractiveness of the oil and gas industry // Bulletin of Eurasian Science. – 2022. – Vol. 14, No. 2.
2. Kryukov V. A., Tokarev A.N. Formation of conditions for the development of hard-to-recover oil reserves: the need to take into account regional aspects // The economy of the region. – 2022. – Vol. 18, No. 3. – pp. 755-769.
3. Ministry of Energy: The share of hard–to-recover oil in our production will be 80% by 2030 - URL: https://rg.ru/2024/09/26/minenergo-v-nashej-dobyche-dolia-trudnoizvlekaemoj-nefti-sostavit-80-k-2030-godu.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (date of request: 06/02/2026).
4. Ministry of Energy of Russia – URL: https://minenergo.gov.ru / (date of application: 06/05/2026).
5. Tax on additional income from the extraction of hydrocarbons // Federal Tax Service of the Russian Federation: official website. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/taxes/ndd / (date of access: 06/03/2026).
6. Porotkin E. S. Problems and prospects of providing Russian oil and gas companies with technological equipment in the context of sanctions pressure and digitalization / E. S. Porotkin // Society: politics, economics, law. – 2023. – № 12(125). – Pp. 142-147.
7. Sazanov A.: it is premature to talk about tax benefits without certainty about the concept of hard–to-recover oil and gas reserves. URL: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=39978-aleksei_sazanov_bez_opredelennosti_s_ponyatiem_trudnoizvlekaemykh_zapasov_nefti_i_gaza_govorit_o_nalogovykh_lgotakh_prezhdevremenno (date of reference: 06/09/2026).
8. The difficult path of difficult oil. Overview // Interfax. URL: https://www.interfax.ru/business/843599 (date of request: 06/01/2026).
9. Sorokin: by 2040, 80% of oil and gas reserves can be attributed to TRIZ – URL: https://oilcapital.ru/news/2025-10-15/sorokin-k-2040-godu-80-neftegazovyh-zapasov-mozhno-budet-otnesti-k-triz-5491631?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (date of application: 06/03/2026).
10. Hard-to-recover oil is waiting for state support // Vedomosti. Industry. URL: https://www.vedomosti.ru/industry/industrial_policy/articles/2024/09/16/1062594-trudnoizvlekaemaya-neft-zhdet-gospodderzhki (date of request: 06/03/2026).
11. Mining difficulties // TASS: a special project. – URL: https://triz.tass.ru / (date of reference: 06/02/2026).
12. Filimonova I. V. The influence of the raw material base on the innovative development of the oil-producing regions of Russia / I. V. Filimonova, A.V. Komarova, V. Y. Nemov, Yu.A. Dzyuba, A.V. Chebotareva // Geography and natural resources. – 2022. – Vol. 43, No. 1. – pp. 13-20.
13. Through thorns to oil: prospects for the extraction of hard–to-recover reserves in the Russian Federation - URL: https://www.kommersant.ru/doc/7605077 (date of request: 06/02/2026).
14. Chernyaev M.V. Directions for improving the efficiency of the oil and gas complex as the basis for ensuring Russia's energy security //
dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences / Peoples' Friendship University of Russia. Moscow, 2014, pp. 12-13.
15. Chernyaev M.V., Paleev D.L. Ways to strengthen Russia's energy security in the context of an escalating geopolitical situation
// Economic Systems. 2022. – Vol. 15. No. 4. – pp. 154-164.
16. Sharf I. V., Chukhareva N.V. The effectiveness of the tax on additional income from hydrocarbon production // Mining Journal. – 2023. – No. 2. – pp. 32-38.
17. Shpurov I.V., Smirnov A.Yu., Lopatin A.Yu. Goals and features of classification of hard-to-recover hydrocarbon reserves of the Russian Federation / I. V. Shpurov // Geology of oil and gas. – 2025. – No. 3. – pp. 70-76.
18. Yumaev M. M., Samarina D.O. Development of taxation of oil production in difficult economic conditions // Mineral Resources of Russia. Economics and management. – 2022. – № 5-6(179). – Pp. 50-55.

Риск-ориентированный мониторинг реализации государственных программ субъекта Российской Федерации: инструменты оценки и предупреждения отклонений

Евлоев Абдул-Малик Дзауриевич
аспирант, экономический факультет, Российский государственный гуманитарный университет,

Сопилко Наталья Юрьевна
д.э.н., доцент, декан экономического факультета, Российский государственный гуманитарный университет

В рамках работы исследованы подходы к организации и осуществлению мониторинга государственных программ на уровне субъектов Российской Федерации с позиций риск-ориентированного подхода. Целью статьи является обобщение существующих теоретико-методологических основ оценки рисков при реализации государственных программ, а также выделение достоинств и недостатков действующих систем контроля. Исходя из проведенного анализа, был предложен взгляд на ряд механизмов риск-ориентированного мониторинга, отличительной чертой которого является смещение фокуса с ретроспективной фиксации недостижения показателей на их выявление и предупреждение возможных отклонений в превентивном порядке. В ходе работы выделены ключевые группы рисков, влияющие на реализацию проектной и процессной частей государственных программ, особое внимание уделено разработке практического инструментария для своевременного реагирования на возникающие угрозы. Фокус работы взят на подходы к управлению рисками в рамках региональных органов исполнительной власти, учитывающим специфику бюджетного процесса субъектов и повышенные требования к результативности государственного управления.

Ключевые слова: государственная программа, риск-ориентированный подход, субъект Российской Федерации, мониторинг, оценка рисков, государственное управление, эффективность, бюджетные расходы.

В настоящее время программно-целевой метод управления остается фундаментальной основой бюджетного планирования в Российской Федерации. Государственные программы субъектов Российской Федерации являются ключевым инструментом достижения национальных целей развития, реализации стратегических приоритетов региональной политики и обеспечения стабильного социально-экономического развития территорий.

Усиливающиеся внешние макроэкономические вызовы и повышение сложности организации межведомственного взаимодействия при реализации комплексных проектов подчеркивают важность наличия в системе государственного управления надежных механизмов мониторинга и контроля. Сегодня способность органов власти своевременно выявлять отклонения в ходе реализации государственных программ становится основой повышения результативности бюджетных расходов и обеспечения устойчивости региональных экономик [4].

Высокий уровень эффективности реализации государственных программ субъекта РФ в первую очередь зависит от качества управленческих процессов и наличия современной аналитической инфраструктуры, способной не только фиксировать исторические факты кассового исполнения, но и прогнозировать вероятность недостижения целевых показателей. Традиционная система мониторинга зачастую носит ретроспективный характер, когда субъекты управления узнают о срыве сроков или невыполнении индикаторов по итогам отчетного периода.

И все же, региональные органы исполнительной власти сталкиваются с рядом серьезных вызовов, затрудняющих достижение целей в области внедрения риск-ориентированного подхода. К ним относятся отсутствие единой утвержденной методологии квантификации рисков, формальный подход к заполнению паспортов рисков государственными заказчиками, нехватка квалифицированных кадров с компетенциями в области дата-аналитики, а также недостаточный уровень цифровизации процессов межведомственного обмена данными [8].

Так, в области теории, отечественная наука и практика государственного управления столкнулись с активным внедрением термина "риск-ориентированный подход" в контрольно-надзорную деятельность во второй половине 2010-х годов, однако в сфере управления государственными программами его обсуждение получило широкое распространение лишь в последние годы [12].

Введение данного инструмента в широкий оборот обусловлено трансформацией системы управления государственными программами, начатой Правительством РФ в 2021 году, которая разделила их структуру на проектную и процессную части [10]. Эта реформа требует принципиально новых механизмов контроля, при которых основным приоритетом становится недопущение ущерба публичным интересам, а не простая констатация факта нарушения.

С этой точки зрения риск-ориентированный мониторинг государственных программ представляет собой непрерывный процесс идентификации, анализа и оценки вероятности наступления событий, препятствующих достижению целевых индикаторов и исполнению структурных элементов программ [5]. При этом ключевым методологическим ориентиром выступает интеграция процедур управления рисками в цикл стратегического планирования и бюджетного процесса субъекта РФ.

Для уточнения вектора государственной политики РФ, направленного на поддержание эффективности бюджетных расходов, особое значение имеет анализ законодательных документов. Постановление Правительства РФ от 26.05.2021 № 786 "О системе управления государственными программами Российской Федерации" закрепило необходимость формирования паспортов рисков для каждого структурного элемента программ [10].

Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ "О стратегическом планировании в Российской Федерации" формирует общий контур интеграции риск-менеджмента в документы стратегического и программного планирования [13]. На уровне субъектов РФ методологические акты, как правило, носят рамочный характер, оставляя значительный простор для разработки собственных подходов к идентификации и оценке рисков.

Министерство экономического развития РФ в своих рекомендациях трактует управление рисками как комплекс мер, направленных на повышение вероятности достижения целей государственной программы при

оптимальном использовании ресурсов, тогда как органы внешнего государственного финансового контроля описывают риск-ориентированный мониторинг как превентивный инструмент аудита эффективности, основанный на непрерывном отслеживании контрольных точек и кассовых разрывов [7, 9].

Нормативные акты субъектов РФ постепенно закрепляют оценку рисков как важнейшую составляющую оценки эффективности реализации программ, что предполагает приоритет самостоятельного формирования реестров рисков региональными министерствами и ведомствами. Важным этапом становится разработка единых подходов к классификации отклонений.

В.В. Климанов и А.А. Михайлова, анализируя бюджетные риски регионов, исходят из того, что основной задачей является оценка финансовых и управленческих разрывов, при этом финансовые риски (неполное доведение лимитов, инфляционное удорожание смет) рассматриваются как первичные по отношению к организационным [8].

Е.И. Добролюбова подчеркивает, что качество государственного администрирования определяет значительную долю успешности реализации программ, поэтому в процессной части государственных программ ключевое значение приобретают регуляторные и кадровые риски [6]. В этой логике риск трактуется не только как угроза финансовой стабильности, но и как вероятность возникновения институциональных сбоев, затрудняющих достижение целевых результатов.

С точки зрения анализа элементов, включенных в систему мониторинга рисков, ряд исследователей выделяет несколько ключевых структурных составляющих: идентификацию и реестр рисков, систему индикаторов и триггеров, процедуры оценки и ранжирования рисков, а также механизмы реагирования и отчетности [10, 14].

На основе обобщения этих подходов можно представить риск-ориентированный мониторинг как совокупность взаимосвязанных блоков: аналитического (сбор и обработка данных ГИС и информационных систем исполнения бюджета), методического (классификация рисков и шкалы оценки), организационного (распределение ролей между участниками) и коммуникационного (информирование руководства и внешних стейкхолдеров о состоянии рисков).

Одними из первых зарубежных ученых, исследовавших вопросы риск-менеджмента в государственном секторе, являются К. Худ и С. Осборн. По мнению К. Худа, интеграция оценки рисков в государственное управление является следствием развития концепции New Public Management, предполагающей предпринимательский подход к управлению ресурсами [16]. С. Осборн рассматривает риск в публичном секторе как вероятность возникновения событий, негативно влияющих на предоставление общественных благ, подчеркивая, что абсолютное избегание рисков ведет к стагнации и отсутствию инноваций [17].

Современное понимание риск-ориентированного мониторинга в России часто базируется на адаптации корпоративных стандартов управления рисками (COSO ERM, ISO 31000), однако их применение требует учета особенностей бюджетного и административного законодательства, а также публично-правового характера ответственности за результаты программ [2, 3].

С учетом проведенной работы предлагается следующее уточнение понятия: «риск-ориентированный мониторинг реализации государственных программ субъекта РФ – это системно организованный, непрерывный процесс предиктивного анализа данных о ходе выполнения структурных элементов программы, характеризующийся оценкой вероятности наступления негативных событий и применением комплекса превентивных инструментов для минимизации отклонений от плановых значений целевых показателей и кассового исполнения.»

Отличительной чертой данного процесса, следовательно, является перенос акцента с ретроспективной фиксации факта недостижения показателей на проактивное выявление и предупреждение возможных отклонений, что требует тесной увязки аналитических моделей с инструментами управленческого реагирования и корректировки параметров программ [4, 5].

Анализ существующих подходов показывает, что предупреждение отклонений невозможно без четкой классификации угроз и привязки к ним конкретных инструментов реагирования. Для этих целей целесообразно системно представить взаимосвязи групп рисков, триггерных индикаторов, процедур оценки и механизмов реагирования, что представлено в таблице 1.

Практический интерес систематизации данной информации состоит в возможности интеграции ее в региональную информационную систему управления. При фиксации определенного триггера информационная система может автоматически формировать для куратора программы перечень стандартных мер реагирования, что сокращает время на подготовку управленческих решений и снижает влияние субъективного фактора [13,15].

Таблица 1

Инструменты оценки и предупреждения рисков реализации государственных программ субъекта РФ

Группа рисков	Ключевые факторы риска (триггеры)	Инструменты оценки (идентификации)	Инструменты предупреждения (реагирования)
Финансово-экономические	Неосвоение бюджетных ассигнований; рост стоимости строительных материалов; дефицит софинансирования из местных бюджетов.	План-фактный анализ кассовых расходов (ежемесячно); стресс-тестирование сметной стоимости; анализ кассовых разрывов.	Оперативное перераспределение лимитов; пересмотр условий софинансирования; корректировка графиков финансирования; запрос дополнительных межбюджетных трансфертов.
Организационно-управленческие	Нарушение сроков проведения закупочных процедур; низкий уровень межведомственного взаимодействия; смена кураторов.	Анализ планов-графиков закупок; аудит контрольных точек паспорта проекта; мониторинг исполнения управленческих решений; оценка KPI ответственных исполнителей.	Централизация закупок; создание межведомственных проектных офисов; использование гибких проектных методологий; развитие кадрового резерва.
Регуляторно-правовые	Изменение федерального законодательства; задержка принятия региональных нормативных правовых актов.	Правовой мониторинг; оценка регулирующего воздействия проектов документов; анализ сроков согласования НПА.	Использование типовых НПА; параллельное согласование документов; установление нормативных сроков (SLA) правовой экспертизы и согласования.
Социально-инфраструктурные	Отсутствие спроса на создаваемые объекты; низкая информированность граждан; срыв графиков строительно-монтажных работ.	Социологические опросы; мониторинг обращений граждан; выездной мониторинг объектов; использование геоинформационных систем контроля хода строительства.	Корректировка медиа-планов и форматов коммуникации; применение технологий информационного моделирования (BIM); усиление строительного контроля; адаптация проектных решений к выявленным запросам населения.

Источник: *составлено авторами по материалам [10, 14].*

Значимую роль в обеспечении функционирования системы риск-ориентированного мониторинга играют контрольно-счетные органы субъектов РФ и внутренний финансовый аудит. Практика показывает наличие устойчивой корреляции между качеством риск-менеджмента и уровнем кассового исполнения государственных программ и национальных проектов [7].

В субъектах РФ, внедривших автоматизированные панели управления рисками и использующих предиктивные модели при планировании контрольных мероприятий, уровень кассового исполнения ключевых программ превышает 97–98%, тогда как в регионах с преимущественно ручным мониторингом этот показатель заметно ниже [3, 7]. В этой связи развитие риск-ориентированного аудита и консалтинговой функции контрольно-счетных органов становится важным фактором повышения результативности бюджетных расходов.

Одновременно исследования российских авторов фиксируют наличие барьеров при переходе к предиктивному контролю. Среди них выделяются сопротивление государственно-служебного корпуса повышению прозрачности и ответственности, низкое качество первичных данных в государственных информационных системах, а также отсутствие методической базы для расчета «допустимого уровня риска» в государственном секторе [2, 11].

Перечисленные ограничения подтверждают необходимость изменения организационной культуры в органах власти: перехода от модели «наказания за ошибки» к модели «поощрения за своевременное выявление и коммуникацию рисков». Только при таком подходе риск-ориентированный мониторинг будет восприниматься как инструмент развития и повышения эффективности, а не как дополнительный источник санкций [3, 6].

Рассматривая роль инструментов предупреждения отклонений, целесообразно выделить несколько ключевых шагов по их внедрению в субъектах РФ. Во-первых, требуется разработка и утверждение на

уровне высшего должностного лица региона единого стандарта управления рисками реализации государственных программ, фиксирующего терминологию, шкалы вероятности и ущерба, порядок идентификации и эскалации проблемных ситуаций.

Во-вторых, необходимо обеспечить цифровизацию мониторинга путем интеграции систем казначейского исполнения, региональных систем закупок, проектного управления и реестров рисков в единое аналитическое «озеро данных» с использованием технологий бизнес-аналитики (BI) и интеллектуального анализа данных.

В-третьих, важным направлением является внедрение практики обязательной защиты «Плана управления рисками» при рассмотрении проектов новых государственных программ на заседаниях регионального правительства, а также развитие компетенций государственных служащих в области предиктивной аналитики, работы с большими данными и проектного менеджмента [1, 5, 15].

Таким образом, риск-ориентированный мониторинг представляет из себя важный элемент повышения качества государственного управления на региональном уровне. Субъекты Российской Федерации, сумевшие трансформировать классический ретроспективный контроль в эффективно функционирующую систему предупреждения отклонений, получают существенное преимущество в форме способности к более эффективному использованию ограниченных бюджетных ресурсов. Интеграция предложенных в статье инструментов оценки и предупреждения рисков в практику региональных органов исполнительной власти позволяет не только минимизировать вероятность финансовых потерь, но и повысить вероятность своевременного достижения социально-экономических эффектов для населения региона. Дальнейшее развитие методической базы и цифровых решений в сфере риск-менеджмента государственных программ представляется одним из ключевых направлений совершенствования системы стратегического и бюджетного планирования в Российской Федерации.

Литература

1. Астафьева Е. В. Риск-ориентированный подход в государственном контроле при реализации программ развития регионов // Вестник государственного и муниципального управления. 2022. Т. 11, № 2. С. 45–58.
2. Беляков С. А., Клячко Т. Л. Оценка рисков недостижения целевых показателей национальных и государственных программ // Экономическая политика. 2021. Т. 16, № 1. С. 24–43.
3. Богославцева Л. В. Развитие риск-ориентированного подхода при осуществлении внутреннего государственного финансового контроля // Финансы: теория и практика. 2023. Т. 27, № 4. С. 112–124.
4. Васюнина М. Л. Управление государственными программами: новые подходы к оценке рисков // Финансовый журнал. 2022. Т. 14, № 3. С. 56–71.
5. Гараев И. Г. Мониторинг реализации региональных целевых программ: переход к предиктивной аналитике // Региональная экономика: теория и практика. 2023. Т. 21, № 6. С. 1089–1104.
6. Добролюбова Е. И. Оценка результативности государственного управления: проблемы и перспективы риск-менеджмента // Вопросы государственного и муниципального управления. 2024. № 1. С. 34–56.
7. Иванов А. Е. Практика применения риск-ориентированного аудита контрольно-счетными органами субъектов РФ // Вестник АКСОР. 2023. № 2. С. 15–22.
8. Климанов В. В., Михайлова А. А. Бюджетные риски регионов в условиях макроэкономической нестабильности // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 4 (56). С. 182–188.
9. Макашина О. В. Инструментарий контроллинга в управлении региональными государственными программами // Инновации и инвестиции. 2021. № 10. С. 88–93.
10. Постановление Правительства РФ от 26.05.2021 № 786 ‘О системе управления государственными программами Российской Федерации’ // Собрание законодательства РФ. 2021. № 23. Ст. 4042.
11. Соколов И. А. Проблемы и перспективы интеграции оценки рисков в бюджетный процесс Российской Федерации // Экономическое развитие России. 2023. Т. 30, № 5. С. 40–49.
12. Тищенко Т. И. Проектные и процессные подходы в государственных программах: точки контроля // Бюджет. 2024. № 3. С. 28–33.
13. Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ ‘О стратегическом планировании в Российской Федерации’ // Собрание законодательства РФ. 2014. № 26 (ч. I). Ст. 3378.
14. Шаш Н. Н. Индикаторы оценки рисков при реализации государственных и муниципальных программ // Управленческое консультирование. 2022. № 8. С. 77–89.
15. Яшина Н. И., Яшин С. Н. Методология оценки эффективности государственных программ с учетом факторов риска // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22, № 2. С. 312–328.
16. Hood C. The Risk Game and the Blame Game // Government and Opposition. 2022. Vol. 37, No. 1. P. 15–37.
17. Osborne S. P., Brown L. Managing Risk and Innovation in Public Services. London: Routledge, 2021. 240 p.

Risk-oriented monitoring of the implementation of state programs of a constituent entity of the Russian Federation: tools for assessing and preventing deviations

Evloev A.-M.D., Sopilko N.Yu.
Russian State University for the Humanities

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

In this scientific publication, approaches to the organization and implementation of monitoring of state programs at the level of the constituent entities of the Russian Federation from the standpoint of a risk-oriented approach are investigated. The purpose of the article is to summarize the existing theoretical and methodological foundations of risk assessment in the implementation of state programs, as well as to highlight the advantages and disadvantages of the existing control systems. Based on the analysis, a view was proposed on a number of risk-based monitoring mechanisms, a distinctive feature of which is a shift in focus from retrospective fixation of failure to achieve indicators to their identification and prevention of possible deviations in a preventive manner. In the course of the work, key risk groups affecting the implementation of the project and process parts of state programs were identified, special attention was paid to the development of practical tools for timely response to emerging threats. The focus of the work is on approaches to risk management within the framework of regional executive authorities, taking into account the specifics of the budget process of the constituent entities and increased requirements for the effectiveness of public administration.

Keywords: state program, risk-oriented approach, constituent entity of the Russian Federation, monitoring, risk assessment, public administration, efficiency, budget expenditures.

References

1. Astaf'eva E. V. Risk-oriented Approach in State Control during the Implementation of Regional Development Programs // Bulletin of State and Municipal Administration. 2022. Vol. 11, no. 2. pp. 45–58.
2. Beliakov S. A., Kliachko T. L. Assessing the Risks of Non-achievement of Targets of National and State Programs // Economic Policy. 2021. Vol. 16, no. 1. pp. 24–43.
3. Bogoslavtseva L. V. Development of a Risk-oriented Approach in the Implementation of Internal State Financial Control // Finance: Theory and Practice. 2023. Vol. 27, no. 4. pp. 112–124.
4. Vasiunina M. L. State Program Management: New Approaches to Risk Assessment // Financial Journal. 2022. Vol. 14, no. 3. pp. 56–71.
5. Garaev I. G. Monitoring the Implementation of Regional Targeted Programs: Transition to Predictive Analytics // Regional Economics: Theory and Practice. 2023. Vol. 21, no. 6. pp. 1089–1104.
6. Dobroliubova E. I. Assessing the Effectiveness of Public Administration: Problems and Prospects of Risk Management // Public Administration Issues. 2024. no. 1. pp. 34–56.
7. Ivanov A. E. Practice of Applying Risk-oriented Audit by Control and Accounting Bodies of the Subjects of the RF // Bulletin of ACSOA. 2023. no. 2. pp. 15–22.
8. Klimanov V. V., Mikhailova A. A. Regional Budget Risks in Conditions of Macroeconomic Instability // Journal of the New Economic Association. 2022. no. 4 (56). pp. 182–188.
9. Makashina O. V. Controlling Tools in the Management of Regional State Programs // Innovations and Investments. 2021. no. 10. pp. 88–93.
10. Decree of the Government of the Russian Federation of May 26, 2021 No. 786 ‘On the Management System of State Programs of the Russian Federation’ // Collected Legislation of the Russian Federation. 2021. no. 23. Art. 4042.
11. Sokolov I. A. Problems and Prospects of Integrating Risk Assessment into the Budget Process of the Russian Federation // Economic Development of Russia. 2023. Vol. 30, no. 5. pp. 40–49.
12. Tishchenko T. I. Project and Process Approaches in State Programs: Control Points // Budget. 2024. no. 3. pp. 28–33.
13. Federal Law of June 28, 2014 No. 172-FZ ‘On Strategic Planning in the Russian Federation’ // Collected Legislation of the Russian Federation. 2014. no. 26 (part I). Art. 3378.
14. Shash N. N. Risk Assessment Indicators in the Implementation of State and Municipal Programs // Management Consulting. 2022. no. 8. pp. 77–89.
15. Iashina N. I., Iashin S. N. Methodology for Assessing the Effectiveness of State Programs Taking into Account Risk Factors // Economic Analysis: Theory and Practice. 2023. Vol. 22, no. 2. pp. 312–328.
16. Hood C. The Risk Game and the Blame Game // Government and Opposition. 2022. Vol. 37, No. 1. P. 15–37.
17. Osborne S. P., Brown L. Managing Risk and Innovation in Public Services. London: Routledge, 2021. 240 p.

Преимущества и риски внедрения платформенных экосистем: стратегические рекомендации для бизнеса

Семешкин Никита Игоревич
аспирант, МГУ им. М.В. Ломоносова, nikitse@yandex.ru

Современный этап развития цифровой экономики характеризуется переходом от линейных бизнес-моделей к сложным многосторонним экосистемам. Платформенные экосистемы, объединяющие производителей, потребителей, технологических партнеров и сервисных провайдеров, становятся основной формой организации бизнеса в таких отраслях, как финансы, логистика, телекоммуникации и многих других. Компании стремятся выстроить собственные платформы, чтобы усилить клиентский опыт, повысить лояльность и получать дополнительные возможности. Статья посвящена анализу преимуществ и рисков внедрения платформенных экосистем как доминирующей модели организации современного бизнеса в условиях цифровой трансформации. Систематизируются ключевые преимущества внедрения экосистемного подхода, включая эффект сетевых взаимодействий, снижение транзакционных издержек, доступ к большим данным. Особое внимание уделяется рискам, к которым отнесены монополизация рынка, зависимость от головной платформы, угрозы кибербезопасности, регуляторное давление. На основе сравнительного анализа практик предлагаются стратегические рекомендации по поэтапному внедрению, выбору между созданием собственной экосистемы и встраиванием в существующую синтетическую систему с партнерами.

Ключевые слова: платформенные экосистемы, преимущества, риски, стратегическое управление, инновационная деятельность, рекомендации для бизнеса.

Введение

Традиционные бизнес-модели, основанные на контроле цепочки поставок и внутренних ресурсах, уступают место платформенным стратегиям. Лидеры рынка уже доказали, что ключевым преимуществом становится способность организовывать взаимодействие между независимыми поставщиками услуг и конечными потребителями на единой цифровой платформе. Но многие компании, стремясь повторить успех экосистемных гигантов, сталкиваются с серьезными проблемами на этапе реализации. Высокие инвестиции в IT-инфраструктуру, интеграция разнородных сервисов, культурное сопротивление внутри компании и сложности управления партнерскими сетями часто приводят к тому, что затраты на создание экосистемы не окупаются.

Государства во всем мире ужесточают контроль над платформенными компаниями, выдвигая требования к защите персональных данных, устанавливая антимонопольное регулирование, вводя налоги на цифровые услуги. Кроме того, экосистемы становятся мишенью для кибератак, что подрывает доверие ко всем сервисам платформы.

Основная часть

Термин «экосистема», введенный в деловой обиход в конце XX века американским исследователем Дж. Муром, был заимствован им из биологии, где говорится, что экосистема – это среда обитания, в которой организмы объединены между собой устойчивой системой связей [8]. Цифровая экосистема — это комплексный проект, объединяющий значительное число участников, сервисов, бизнес-процессов и технических средств, с помощью которых реализуется взаимодействие и осуществляется оказание услуг потребителю [9]. Платформенная экосистема — это модель, при которой компания создает цифровую среду, объединяющую производителей товаров или услуг и потребителей, а также партнеров, предоставляющих смежные сервисы. Ключевое отличие от классического бизнеса в том, что экосистема зарабатывает не на продаже своего продукта, а на организации взаимодействий с помощью комиссий, подписок, данных, рекламы.

Экосистемы как сообщества, состоящие из различных участников, по сути, всегда существовали в жизни людей, но они были территориально локализованы. В настоящее время эти сообщества стали привязаны к интересам людей. Вместе с тем новые технологии, ускоренная автоматизация бизнес-процессов, гибкие подходы к выстраиванию многоуровневых взаимодействий, изменение социальных связей раскрывают широкие горизонты для использования разнообразных инструментов бизнес-дизайна, которые позволяют сформировать новое понимание конкурентной среды, определять направления новых возможностей и создавать стратегию устойчивого развития организаций путем полной ее онлайн-операционализации. Экосистемы становятся цифровыми и позиционируются как инновационный формат бизнес-моделей будущего [3].

Антимонопольное законодательство во всем мире внимательно следит за экосистемами за нарушение принципа data portability и злоупотребление доминирующим положением. Юридическая проверка должна идти параллельно с IT-разработкой.

На основе возможностей внедрения цифровых технологий по являются новые бизнес-модели, которые уже не просто ими поддерживаются, а имеют цифровые компоненты, интегрированные с деловыми процессами и ценностными предложениями. С активной фазой роста цифровизации формируются новые подходы к организации и ведению бизнеса, меняются бизнес-модели, которые повышено ориентированы на цифровые платформы [7]. Внедрение платформенной экосистемы дает возможности роста на уровне сетевых эффектов и предиктивной аналитики. Но бизнесу стоит идти в экосистемы только при наличии цифрового якорного продукта, который генерирует поток данных и клиентов, готовности к структурным изменениям и наличии ресурса на юридическую проработку каждого нового партнера.

На основе анализа кейсов выделены четыре группы преимуществ.

Таким образом, основным нематериальным активом является не сама платформа, а пропускная способность экосистемы — скорость включения нового партнера и доступа к данным.

В отличие от стандартных IT-проектов, экосистемы порождают специфические риски. Архитектурный риск связан с устареванием API, фрагментацией данных, поведенческий риск – с рентным поведением оркестратора (принудительная эксклюзивность). Антимонопольные иски

(Digital Markets Act), требования по открытости создают барьеры регуляторного характера. Важное значение имеют и риски безопасности, так как возникает эффект «домино» при взломе одной точки входа. Для бизнеса стратегической ошибкой является возникновение обратной зависимости, когда экосистема становится единственным каналом сбыта.

Таблица 1
Преимущества внедрения платформенных экосистем

Группа	Эффект	Пример
Экономические	Снижение транзакционных издержек на 20–35% (данные: ЦСР)	Встроенные платежи, API-стыковка
Рыночные	Эффект сети (рост ценности с каждым новым пользователем)	Маркетплейс и служба доставки
Инновационные	Кросс-продажи и data-driven персонализация	Финансовые сервисы в e-commerce
Инвестиционные	Рост капитализации выше отраслевого в 1,5–2 раза (BCG)	Super-app модели

На основе двухфакторной модели (готовность к координации и доступ к активам) можно предложить три типовые стратегии эффективного применения платформенных экосистем:

1. Стратегия «Якорь» — создание собственной экосистемы (готовность высокая, активы есть).
2. Стратегия «Участник» — встраивание в чужую экосистему.
3. Стратегия «API-мост» — гибрид: собственный продукт + интеграция с ведущими экосистемами через унифицированные API.

Чтобы платформенные решения эффективно работали и приносили прибыль, до старта бизнес-компании необходимо провести экосистемный аудит, то есть оценить не только IT-ландшафт, но и юридическую способность выйти из экосистемы. В процессе внедрения необходимо создать орган внутреннего контроля за метриками «здоровья экосистемы», используя индекс Херфиндаля по трафику, долю экосистемного канала в выручке, время переключения партнера. Ключевым KPI является коэффициент дополнительности, оценивающий, сколько уникальных кросс-продаж возникает без принуждения. Юридическая структура должна включать выделение платформенного оператора в отдельное юридическое лицо с независимым советом директоров, что снизит антимонопольные претензии.

Таким образом, внедрение платформенной экосистемы – это смена философии управления. Преимущества реализуются только при условии осознанного управления рисками, главный из которых — потеря компанией стратегической автономии. Предложенная матрица стратегий позволяет бизнесу выбрать реалистичный путь трансформации без больших потерь.

Платформенная модель позволяет подключать новых участников (поставщиков, потребителей, партнёров) с минимальными предельными издержками. Рост числа пользователей повышает ценность платформы для каждого участника, создавая барьеры для конкурентов. Экосистема генерирует большое число данных о поведении клиентов, что позволяет персонализировать предложения и прогнозировать спрос.

Литература

1. Бездудная А.Г. Бизнес-экосистемы компаний: конкуренция или сотрудничество, развитие цифровых подходов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2021. № 4(130). С. 129–134.
2. Володина Н.Л. Преимущества создания цифровой экосистемы // Организатор производства. 2021. Т. 29. № 4. С. 104–111.
3. Година О.В., Максименко Л.С., Титов А.И. Экосистемы как инновационная бизнес-модель в условиях цифровой трансформации // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2023. № 6 (99). С. 86-94.
4. Деньщик М.Н., Година О.В., Тер-Григорьянц А.А. Инновационные экосистемы: становление и развитие. Ставрополь: СКФУ, 2023. 283 с.
5. Жданов Д.А. Цифровая трансформация: платформенные экосистемы как инструмент управления высокотехнологичным бизнесом // Управленческие науки. 2021. Т. 11, № 4. С. 25–39.
6. Каленов О.Е. Цифровые экосистемы организаций // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2022. Т. 19, № 1(121). С. 139–147.
7. Кравченко Л.А., Троян И.А. Развитие бизнеса в цифровой экосистеме: возможности, риски и управление // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. 2023. №1. С.161 – 171.
8. Маркова В.Д., Кузнецова С.А. Экосистемы как инновационный инструмент роста бизнеса // ЭКО. 2021. № 8. С.151 – 168.
9. Прокопьева Е.Л., Селигеев С.Ф. Цифровые экосистемы в России: конкурентоспособность, риски, перспективы // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2023. № 2. С. 62 – 66.
10. Шкарупета Е.В., Бачурин Д.Н. Концептуальные положения экосистемного подхода к управлению развитием экономических систем в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2020. Т. 28. № 3. С. 7–15.

Advantages and risks of implementing platform ecosystems: strategic recommendations for business

Semeshkin N.I.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The current stage of digital economy development is characterized by a transition from linear business models to complex multi-faceted ecosystems. Platform ecosystems, uniting producers, consumers, technology partners, and service providers, are becoming the primary form of business organization in industries such as finance, logistics, telecommunications, and many others. Companies strive to build their own platforms to enhance customer experience, increase loyalty, and unlock additional opportunities. This article analyzes the advantages and risks of implementing platform ecosystems as the dominant model for organizing modern business in the context of digital transformation. The key advantages of implementing an ecosystem approach are systematized, including the effect of network interactions, reduced transaction costs, and access to big data. Particular attention is given to risks, including market monopolization, dependence on a leading platform, cybersecurity threats, and regulatory pressure. Based on a comparative analysis of practices, strategic recommendations are offered for phased implementation, choosing between creating an in-house ecosystem and integrating into an existing synthetic system with partners.

Keywords: platform ecosystems, advantages, risks, strategic management, innovation, business recommendations.

References

1. Bezdudnaya A.G. Business ecosystems of companies: competition or cooperation, development of digital approaches // Bulletin of the Saint Petersburg State University of Economics. 2021. No. 4 (130). pp. 129–134.
2. Volodina N.L. Advantages of creating a digital ecosystem // Production organizer. 2021. Vol. 29. No. 4. pp. 104–111.
3. Godina O.V., Maksimenko L.S., Titov A.I. Ecosystems as an innovative business model in the context of digital transformation // Bulletin of the North Caucasus Federal University. 2023. No. 6 (99). pp. 86–94.
4. Denshchik M.N., Godina O.V., Ter-Grigoryants A.A. Innovative ecosystems: formation and development. Stavropol: SKFU, 2023. 283 p.
5. Zhdanov D.A. Digital Transformation: Platform Ecosystems as a Tool for Managing High-Tech Business // Management Sciences. 2021. Vol. 11, No. 4. pp. 25–39.
6. Kalenov O.E. Digital Ecosystems of Organizations // Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics. 2022. Vol. 19, No. 1(121). pp. 139–147.
7. Kravchenko L.A., Troyan I.A. Business Development in the Digital Ecosystem: Opportunities, Risks, and Management // Scientific Bulletin: Finance, Banks, Investments. 2023. No. 1. pp. 161–171.
8. Markova V.D., Kuznetsova S.A. Ecosystems as an Innovative Tool for Business Growth // ECO. 2021. No. 8. pp. 151–168.
9. Prokopyeva E.L., Seligeev S.F. Digital Ecosystems in Russia: Competitiveness, Risks, and Prospects // Problems of Socioeconomic Development of Siberia. 2023. No. 2. pp. 62–66.
10. Shkarupeta E.V., Bachurin D.N. Conceptual Provisions of an Ecosystem Approach to Managing the Development of Economic Systems in the Context of Digital Transformation // Production Organizer. 2020. Vol. 28. No. 3. pp. 7–15.

Влияние аудионаправляющих и визуальных сигналов на успешность выполнения практических задач в виртуальной среде

Гаврилов Станислав Витальевич
старший преподаватель кафедры Информационных технологий, Институт нефтепереработки и нефтехимии, Уфимский государственный нефтяной технический университет,

Пономарёв Никита Александрович
бакалавр, кафедра Информационных технологий, Институт нефтепереработки и нефтехимии, Уфимский государственный нефтяной технический университет,

Абдюшева Алёна Денисовна
бакалавр, кафедра Информационных технологий, Институт нефтепереработки и нефтехимии, Уфимский государственный нефтяной технический университет

В статье рассматривается влияние аудионаправляющих и визуальных сигналов на успешность выполнения практических задач в виртуальной среде. Представлены методология и результаты эксперимента с участием 100 пользователей, проходивших VR-сценарий с сопровождением и без него. На основе полученных результатов описана разработка программного приложения интерактивного сопровождения, включающего модуль пространственной навигации и модуль голосового сопровождения.
Ключевые слова: виртуальная реальность, интерактивное сопровождение, аудионаправляющие сигналы, визуальные сигналы, пространственная навигация, VR-сценарий.

Виртуальная реальность (VR) является одной из активно развивающихся цифровых технологий, применяемых для моделирования объектов, процессов и практических ситуаций в безопасной имитационной среде. Интерес к VR-технологиям связан с возможностью погружения пользователя в трехмерное пространство, где он может не только наблюдать объекты, но и выполнять действия, взаимодействовать с элементами сцены, отрабатывать практические навыки и проходить учебные или производственные сценарии [5].

Виртуальная среда позволяет моделировать ситуации, которые в реальных условиях могут быть сложными, дорогостоящими или потенциально опасными. При этом пользователь должен понимать логику сценария, ориентироваться в пространстве, выполнять действия в нужной последовательности и получать своевременную обратную связь. Без интерактивных элементов VR-среда может восприниматься как демонстрационная модель, а не как полноценный тренажер для выполнения практических задач [6].

Под интерактивным сопровождением понимаются два основных типа сопровождения: аудионаправляющие сигналы, поясняющие дальнейшие действия пользователя, и визуальные сигналы, помогающие ориентироваться в пространстве и определять активные элементы сценария. Сравнение прохождения одного и того же VR-сценария с использованием таких сигналов и без них позволит оценить, насколько интерактивное сопровождение влияет на успешность выполнения практических задач [7].

Методология экспериментального исследования

Для оценки влияния интерактивного сопровождения на успешность выполнения практических задач в виртуальной среде было проведено экспериментальное исследование. Его целью являлось выявление различий в прохождении одного и того же VR-сценария пользователями, выполнявшими задание без подсказок и с использованием аудионаправляющих и визуальных сигналов.

В исследовании приняли участие 100 человек в возрасте от 16 до 24 лет. Все участники ранее не имели опыта погружения в виртуальную среду, поэтому прохождение сценария являлось для них первым практическим взаимодействием с VR-средой. Это позволило оценить влияние сопровождения именно на первичное освоение виртуального сценария, когда пользователь еще не знаком с принципами навигации, логикой взаимодействия и последовательностью выполнения действий.

Участники были разделены на две равные группы по 50 человек. Обе группы выполняли одинаковый VR-сценарий. Содержание задания, виртуальная среда, используемое оборудование, порядок инструктажа и ограничение по времени были одинаковыми для всех участников. Различие заключалось только в наличии или отсутствии интерактивного сопровождения.

Эксперимент проводился в демонстрационной виртуальной среде, которая включала стартовую зону, набор ориентиров, интерактивные объекты, контрольные точки маршрута и финальную область завершения задания. Пространство было организовано таким образом, чтобы участник должен был не только перемещаться по виртуальной сцене, но и выполнять действия в заданной логической последовательности.

Практическое задание заключалось в прохождении маршрута от стартовой зоны до финальной точки с выполнением обязательных действий на промежуточных этапах. Участник должен был обнаружить нужные объекты, подойти к ним, выполнить предусмотренное сценарием действие и перейти к следующему этапу. Ошибкой считалось взаимодействие с неверным объектом, выполнение действия не на своем этапе, повторное выполнение завершенного действия или пропуск обязательной операции.

В контрольной группе участники проходили сценарий без аудионаправляющих и визуальных сигналов. В экспериментальной группе в виртуальную среду были добавлены элементы сопровождения: аудионаправляющие сигналы, поясняющие дальнейшее действие, и визуальные ориентиры, указывающие направление движения, активную зону или следующую сценарную точку. При этом структура сценария, объекты сцены и условия завершения задания оставались одинаковыми для обеих групп.

При подготовке сценария учитывались общие положения ГОСТ Р 72027.1-2025, связанные с учетом человеческого фактора при использовании контента виртуальной реальности в обучении и подготовке [1].

Организация сеанса, предварительный инструктаж и ограничение времени прохождения были соотнесены с подходом ISO/IEC 5927:2024, описывающим безопасное погружение, настройку и использование AR/VR-устройств [2].

Эксперимент проводился индивидуально с каждым участником. Перед началом прохождения участнику предоставлялась краткая вводная инструкция, включающая правила безопасного использования VR-оборудования, цель задания и порядок начала сценария. При этом участникам не объяснялась подробная последовательность всех действий внутри виртуальной среды, поскольку одной из задач исследования было выявить, насколько пользователь способен самостоятельно ориентироваться в сценарии.

Процесс проведения эксперимента включал следующие этапы:

1. Ознакомление с правилами безопасности, назначением задания и порядком использования VR-оборудования;
2. Участник помещался в виртуальную среду с практическим заданием;
3. Участник проходил сценарий самостоятельно, без вмешательства наблюдающего;
4. Записывались ошибки, нарушение порядка действий и время прохождения;
5. После завершения сценария или достижения предельного времени участник прекращал работу в VR-среде.

В качестве предельного времени пребывания в виртуальной среде в рамках одного прохождения было принято 15 минут. Если участник не завершал сценарий за это время, прохождение фиксировалось как незавершенное. Для каждой группы дополнительно рассчитывалось среднее время выполнения задания среди участников, завершивших сценарий.

Результативность прохождения VR-сценария оценивалась по объективным критериям, которые фиксировались в ходе выполнения задания.

Основные критерии:

1. Успешное завершение сценария – фиксировался факт полного прохождения сценария за отведенное время без критических нарушений;
2. Выполнение всех обязательных действий – фиксировалось, выполнил ли участник все действия, предусмотренные сценарием, без пропуска обязательных операций.
3. Количество ошибок – фиксировались неправильные действия, выбор неверного объекта, повторные или лишние действия;
4. Нарушение порядка действий – фиксировались пропуск этапов, преждевременное выполнение действий или неправильная последовательность прохождения;
5. Средняя длительность прохождения – засекалось время от начала выполнения задания до завершения сценария.

По итогам эксперимента были получены следующие результаты:

Таблица 1
Результаты эксперимента

Показатель	Без сопровождения	С сопровождением
Успешно завершили сценарий	72%	94%
Выполнили обязательные действия	78%	96%
Допустили ошибки	82%	32%
Нарушили порядок действий	66%	18%
Средняя длительность прохождения сценария	12,4 мин	8,7 мин

В контрольной группе, где участники выполняли задание без аудионаправляющих и визуальных сигналов, только 72% испытуемых успешно завершили сценарий. При этом 82% участников допустили ошибки, а 66% нарушили порядок выполнения действий. Средняя длительность прохождения составила 12,4 минуты.

В экспериментальной группе, где использовалось интерактивное сопровождение, доля успешно завершивших сценарий составила 94%. Количество участников, допустивших ошибки, снизилось до 32%, а доля нарушивших порядок действий – до 18%. Средняя длительность прохождения сценария составила 8,7 минуты.

По результатам эксперимента установлено, что участники, выполнявшие практические задачи с использованием аудионавигационных и визуальных сигналов, успешнее проходили VR-сценарий по сравнению с участниками, выполнявшими задание без сопровождения. В экспериментальной группе была зафиксирована более высокая доля успешного завершения сценария и полного выполнения действий, а также меньшее количество ошибок и нарушений последовательности.

Кроме того, средняя длительность прохождения сценария при использовании сопровождения сократилась с 12,4 до 8,7 минуты, что указывает на более быстрое ориентирование пользователя в виртуальной среде и более понятное выполнение практических действий.

Полученные результаты подтверждают необходимость реализации программного решения, которое позволит не только отображать виртуальную среду, но и сопровождать пользователя в процессе выполнения сценария. Такое решение должно учитывать положение пользователя в пространстве, определять текущий этап прохождения, формировать визуальные ориентиры и выдавать аудионаправляющие подсказки в зависимости от логики сценария.

Разработка программного решения

На основе результатов исследования было разработано программное приложение интерактивного сопровождения пользователя в виртуальной среде, включающее модуль пространственной навигации и модуль голосового сопровождения.

Архитектура приложения построена по модульному принципу (рисунок 1). В качестве исходных данных используется описание пользовательского сценария, содержащее последовательность этапов прохождения, сценарные точки, реперные точки и условия перехода между действиями. После загрузки сценария приложение выполняет его анализ, выделяет ключевые этапы и формирует структуру сопровождения пользователя в виртуальной среде.

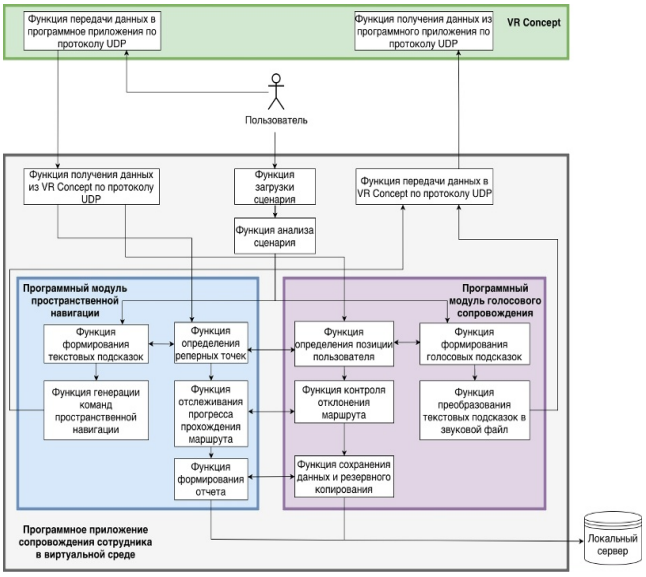


Рисунок 1 – Архитектура программного приложения

Взаимодействие с виртуальной средой осуществляется через платформу VR Concept с использованием Simulation Manager. Обмен данными между приложением и VR-средой реализуется по протоколу UDP, что позволяет получать сведения о положении пользователя и управлять элементами сопровождения в режиме, близком к реальному времени [3,4]. На основе полученных координат приложение определяет расстояние до реперных точек, текущее положение пользователя относительно маршрута и необходимость выдачи подсказки.

Модуль пространственной навигации предназначен для сопровождения пользователя по маршруту прохождения VR-сценария (рисунок 2). Он обрабатывает координаты пользователя и реперных точек, определяет текущую целевую точку, контролирует приближение к ней и фиксирует отклонения от заданного направления. В зависимости от положения пользователя модуль отображает визуальные элементы сопровождения: указатели направления, активные зоны, контрольные точки. Это позволяет пользователю быстрее определить, куда необходимо двигаться и какой участок сценария является текущим.

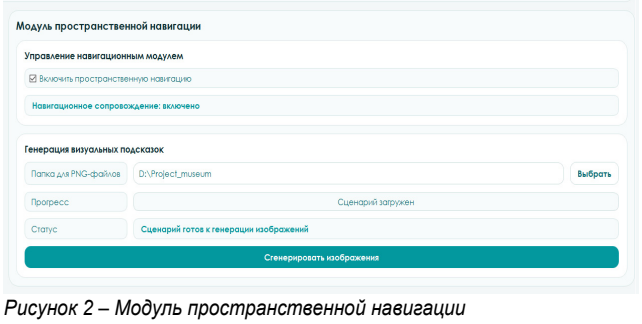


Рисунок 2 – Модуль пространственной навигации

Модуль голосового сопровождения предназначен для формирования аудионаправляющих подсказок в зависимости от этапа сценария и действий пользователя (рисунок 3). Модуль анализирует текущую ситуацию: начат ли новый этап, достигнута ли сценарная точка, требуется ли пояснение следующего действия или предупреждение об ошибке. После этого формируется текст подсказки, который преобразуется в аудиофайл и воспроизводится в виртуальной среде. Голосовое сопровождение дополняет визуальные сигналы и помогает пользователю понять не только направление движения, но и смысл выполняемого действия.

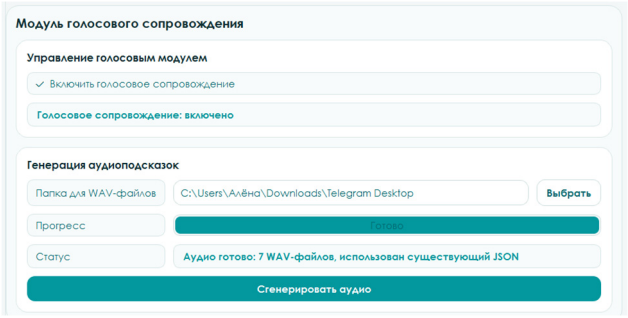


Рисунок 3 – Модуль голосового сопровождения

Рисунок 4 – Работа модулей в виртуальной среде

Совместная работа двух модулей обеспечивает интерактивное сопровождение пользователя на протяжении всего VR-сценария. Модуль пространственной навигации отвечает за ориентацию в виртуальном пространстве, а модуль голосового сопровождения – за пояснение логики действий. Такой подход позволяет сделать прохождение сценария более понятным, последовательным и управляемым для пользователя.

Литература

1. ГОСТ Р 72027.1-2025. Информационные технологии в обучении, образовании и подготовке. Руководящие указания по контенту виртуальной реальности с учетом человеческого фактора. Часть 1. Рекомендации по использованию контента виртуальной реальности [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1312600538 (дата обращения: 12.05.2026).
2. ISO/IEC 5927:2024. Безопасность дополненной и виртуальной реальности. Руководство по безопасному погружению, настройке и использованию [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iso.org/standard/81847.html (дата обращения: 12.05.2026).
3. VR Concept Wiki. Руководство пользователя VR Concept [Электронный ресурс] // VR Concept Wiki. – URL: https://wiki.vrconcept.net/ (дата обращения: 12.05.2026).
4. VR Concept Wiki. Simulation Manager [Электронный ресурс] // VR Concept Wiki. – URL: https://wiki.vrconcept.net (дата обращения: 12.05.2026).
5. Балкизов, А.Х. Интерактивное обучение с использованием виртуальной реальности / А.Х. Балкизов, А.В. Свищев // Педагогические науки. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnoe-obuchenie-s-ispolzovaniem-virtualnoy-realnosti (дата обращения: 12.05.2026).
6. Мамедов, В.М. Разработка интерактивных VR-тренажеров на базе программного обеспечения VR Concept и фреймворка Ionium Collider / В.М. Мамедов // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-interaktivnyh-vr-trenazherov-na-baze-programmnogo-obespecheniya-vr-concept-i-freymvorka-ionium-collider (дата обращения: 12.05.2026).
7. Жабицкий, М.Г. Проблема разработки VR-тренажеров сборки/разборки, и вариант высокопроизводительного решения на базе технологии VR Concept / М.Г. Жабицкий // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-razrabotki-vr-trenazherov-sborki-razborki-i-variant-vysokoproizvoditelnogo-resheniya-na-baze-tehnologii-vr-concept (дата обращения: 12.05.2026).

The influence of audio-guiding and visual signals on the successful performance of practical tasks in a virtual environment

Gavrilov S.V., Ponomarev N.A., Abdyusheva A.D.
Salavat Branch of Ufa State Petroleum Technological University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines the influence of audio-guiding and visual signals on the successful performance of practical tasks in a virtual environment. The methodology and results of an experiment involving 100 users who completed a VR scenario with and without guidance are presented. Based on the results obtained, the development of an interactive user guidance software application is described, including a spatial navigation module and a voice guidance module.

Keywords: virtual reality, interactive guidance, audio-guiding signals, visual signals, spatial navigation, VR scenario.

References

1. GOST R 72027.1-2025. Information technology in learning, education, and training. Guidelines for virtual reality content taking into account human factors. Part 1. Recommendations for the use of virtual reality content [Electronic resource]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1312600538 (accessed: 12.05.2026).
2. ISO/IEC 5927:2024. Augmented and virtual reality safety. Guidelines for safe immersion, setup, and use [Electronic resource]. URL: https://www.iso.org/standard/81847.html (accessed: 12.05.2026).
3. VR Concept Wiki. VR Concept User Guide [Electronic resource] // VR Concept Wiki. – URL: https://wiki.vrconcept.net/ (date of access: 12.05.2026).
4. VR Concept Wiki. Simulation Manager [Electronic resource] // VR Concept Wiki. – URL: https://wiki.vrconcept.net (date of access: 12.05.2026).
5. Balkizov, A.Kh. Interactive learning using virtual reality / A.Kh. Balkizov, A.V. Svishchev // Pedagogical sciences. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnoe-obuchenie-s-ispolzovaniem-virtualnoy-realnosti (date of access: 12.05.2026).
6. Mamedov, V.M. Development of interactive VR simulators based on VR Concept software and the Ionium Collider framework / V. M. Mamedov // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-interaktivnyh-vr-trenazherov-na-baze-programmnogo-obespecheniya-vr-concept-i-freymvorka-ionium-collider (date of access: 12.05.2026).
7. Zhabitsky, M. G. The problem of developing VR assembly/disassembly simulators, and a high-performance solution based on VR Concept technology / M. G. Zhabitsky // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-razrabotki-vr-trenazherov-sborki-razborki-i-variant-vysokoproizvoditelnogo-resheniya-na-baze-tehnologii-vr-concept (date of access: 12.05.2026).

Сравнительный анализ и настройка современных NLP-моделей для обработки профессиональных текстов (на примере клинических данных)

Аллити Даниэль Буаззаевич
аспирант, Высшая школа бизнес-инжиниринга, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, allitidb@alliti.ru,

Ильин Игорь Васильевич
докт. экон. наук, профессор, директор Высшей школы бизнес-инжиниринга, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли; заведующий лабораторией «Междисциплинарные исследования и образование по технологическим и экономическим проблемам энергетического перехода (CIRETEC-GT)», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ivi2475@yandex.ru

Современная профессиональная деятельность характеризуется интенсивным ростом объемов неструктурированных текстовых данных - отчетов, протоколов, аналитических заключений - со сложной терминологией, вариативностью формулировок и контекстной зависимостью, что ограничивает их автоматизированный анализ и использование в системах поддержки принятия решений. Перспективно применение методов обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP) на основе архитектур глубокого обучения, однако отсутствие комплексных сравнительных исследований применимости NLP-моделей к профессиональным текстам затрудняет обоснованный выбор инструментов и способов их адаптации. Цель исследования - разработка универсального методического подхода к выбору и настройке современных NLP-моделей для анализа профессиональных текстов и его апробация на примере клинических данных. Выполнен сравнительный анализ архитектур BERT, GPT-3.5, LLAMA 3, ELMo и XLNet по структурным, вычислительным характеристикам и применимости к классификации текстов; модели протестированы на корпусе клинических текстов и дообучены средствами PyTorch. Установлено, что модель BERT, адаптированная тонкой настройкой, обеспечивает наибольшую точность классификации при умеренных вычислительных затратах. Практическая значимость - в формировании универсальных рекомендаций по выбору и настройке NLP-моделей для разработки интеллектуальных информационных систем в различных предметных областях, включая медицину.

Ключевые слова: обработка естественного языка, профессиональные тексты, неструктурированные данные, тонкая настройка, машинное обучение, анализ клинических текстов, NLP-модели.

Введение

Ключевой проблемой цифровизации профессиональной деятельности становится автоматизированный анализ неструктурированных текстов в самых разных областях - от медицины и юриспруденции до промышленной безопасности и госуправления. Терминологическая насыщенность, контекстная неоднозначность и зависимость интерпретации от предметной области приводят к низкой точности универсальных моделей [Baviskar et al., 2021; Landolsi et al., 2022]. Медицинские тексты - одни из наиболее сложных и репрезентативных.

Медицинская информатика переживает «кризис изобилия данных»: переход на электронные медицинские карты и государственные системы (ЕМИАС, ЕГИСЗ) накопил колоссальные объемы информации [1–3]. Большая часть клинически значимых сведений существует как неструктурированный текст - «темные данные» (дневниковые записи, протоколы операций, эпикризы, заключения МРТ/КТ/УЗИ, патологоанатомические отчеты), невидимые для традиционных систем поддержки врачебных решений (СППВР), основанных на жесткой логике или табличных данных.

Специфика клинического текста, особенно русскоязычного, усложняет автоматизацию [4–6]: высокая плотность терминологии, жаргон, латинские названия и аббревиатуры, варьирующиеся между учреждениями; телеграфный синтаксис с эллипсисами и сложными отрицаниями, семантика которых критична для диагностики. Это требует адаптации нормализации, токенизации и предобработки.

Большие языковые модели (LLM) нового поколения - GPT, Claude, Gemini - демонстрируют высокие способности к zero-shot и few-shot обучению и адаптируются к медицине тонкой настройкой [7, 8], однако в российском здравоохранении их применение ограничено законодательно и инфраструктурно.

Центральное ограничение - ФЗ №152 «О персональных данных» и акты о безопасности критической информационной инфраструктуры. Медицинские данные требуют максимальной защиты, а использование облачных API зарубежных провайдеров (OpenAI, Google, Anthropic) означает передачу сведений о здоровье граждан за пределы юрисдикции РФ, что создает риски утечки и противоречит законодательству.

Поэтому развитие отечественных медицинских интеллектуальных систем смещается к локальным решениям - в защищенном контуре клиники без доступа к Интернету. Возникает задача: обеспечить качество обработки языка на уровне облачных сервисов при ограниченных ресурсах, что требует оптимизации архитектур под потребительский сегмент (эталон - NVIDIA RTX 3090/4090).

Цель работы - разработка универсального методического подхода к выбору и настройке NLP-моделей для анализа профессиональных текстов и его апробация на клинических данных. Исследование носит прикладной характер.

Методы

Основной инструментарий - комбинация дискриминативных моделей BERT и генеративных моделей Qwen-3, объединенных методологией RAG, с акцентом на работу на одиночном ускорителе NVIDIA RTX 3090. Медицинские тексты - наиболее сложный стресс-тест для NLP, однако методика не специфична для медицины и применима к юридическим, техническим и научным текстам при наличии размеченных корпусов.

Эволюция NLP в медицине. Первое поколение систем (MetaMap) опиралось на правила и онтологии UMLS [9-11]: интерпретируемость и точность на стандартизованных номенклатурах [12, 13], но низкая полнота из-за опечаток, сленга и аббревиатур [14, 15].

Следующее поколение - машинное и глубокое обучение, прежде всего рекуррентные сети для извлечения сущностей и связей [16, 17]; контекстные представления (ELMo) повысили качество против статических векторов Word2Vec [18, 19]. Однако RNN страдали «затухающим градиентом», не удерживали длинный контекст [20–22] и были дороги в обучении, что стимулировало переход к трансформерам [23].

Transformer и BERT стали качественным скачком: self-attention учитывает связи между всеми словами независимо от расстояния [24, 25]. BERT и клинические варианты (ClinicalBERT, BioBERT, Med-BERT) -

де-факто стандарт классификации и извлечения сущностей, включая предсказание диагнозов и кодов ICD [26].

BERT выбран как наиболее надежный инструмент структурирования данных, но требует модификации под сильный дисбаланс классов клинических текстов.

Генеративные модели (GPT-подобные, Qwen) доминируют в NLP, но в медицине несут фундаментальный риск галлюцинаций [27, 28].

Галлюцинация - правдоподобное, но ложное относительно данных утверждение, недопустимое в клинике. LLM придумывают несуществующие диагнозы и численные значения [29], дают ложные выводы при суммировании данных [30], создают фальшивые ссылки (25-50% ответов) [31]; частота галлюцинаций при поддержке решений достигает 50-82% [29].

Ответом на галлюцинации и устаревание знаний стала архитектура RAG [32] - гибридизация генеративной модели и механизма поисковой выдачи; для медицины режим zero-shot без внешних знаний неприемлем.

RAG включает два этапа: 1) запрос преобразуется в вектор, по которому в доверенной базе знаний (клинические рекомендации, история болезни) ищутся близкие фрагменты; 2) найденные фрагменты подаются в контекст LLM с инструкцией отвечать только по предоставленному контексту.

Это решает две задачи: актуализацию знаний без переобучения и верифицируемость (ссылка на источник). RAG - центральный компонент генеративного модуля.

Эмпирическая база исследования и подготовка данных

Многие работы используют синтетические или иноязычные датасеты, малоприменимые в РФ. Сформирован уникальный корпус реальных клинических данных в партнерстве с ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России; выбрана нейрохирургия и нейроонкология из-за сложности описаний и важности точной диагностики.

Массив - документация 100 пациентов; плотность информации в нейрохирургических записях высока, и объем токенов достаточен для валидной донастройки.

В корпус вошли первичная документация (эпикризы, дневники, протоколы осмотров) с нарративной структурой и снимки МРТ (NIfTI), служившие экспертам для верификации неоднозначных мест.

Разметка выполнена в ПО 3D Slicer действующими нейрохирургами и рентгенологами, что гарантировало корректность, недостижимую при краудсорсинге. Разработана таксономия сущностей: SYMPTOM (жалобы и неврологические симптомы), ANATOMY (структуры мозга и черепа), PATHOLOGY (новообразования и состояния: менингиома, глиобластома, киста, перифокальный отек), SIZE (размеры: «3,2×2,5×2,8 см»).

Результаты

Разработана гибридная архитектура, объединяющая экстрактивные и генеративные модели. Первый этап - извлечение фактов; тяжелые генеративные модели здесь избыточны и менее точны в границах токенов, поэтому выбрана энкодерная RuBERT, понимающая морфологию русского языка. Применение классического BERT выявило проблемы, потребовавшие модификаций:

1) слой CRF (Conditional Random Fields). Softmax в BERT предсказывает класс токена независимо от соседей, давая структурные ошибки (I-PATHOLOGY без B-PATHOLOGY). CRF поверх BERT моделирует вероятность всей последовательности тегов, запрещая невозможные переходы и гарантируя целостность сущностей;

2) дисбаланс классов и Weighted Focal Loss. Токенов класса O в сотни раз больше целевых; при стандартной Cross-Entropy модель предсказывает везде O (Accuracy > 95% при нулевой пользе). Внедрена функция потерь Weighted Focal Loss:

$$FL(p_t) = -\alpha_t(1-p_t)^{\gamma}\log(p_t), \quad (1)$$

где $(1-p_t)^{\gamma}$ - модулирующий множитель; если модель уверена в правильном ответе, множитель стремится к нулю, снижая вклад этого «легкого» примера в градиент. Если модель ошибается или не уверена p_t мал, множитель велик. Это заставляет модель фокусироваться на редких терминах, игнорируя массу простых фоновых слов. Параметр фокусировки γ установлен равным 2,0;

α_t - взвешивающий коэффициент, обратно пропорциональный частоте класса в обучающей выборке - дает дополнительный стимул редким классам.

Второй этап - формирование связного текста на основе извлеченных фактов, где нужна гибкость LLM. Сравнивались LLaMA-3 (8B) и Qwen-3 (Instruct); выбран Qwen-3: лучше сжимает кириллицу (длиннее контекст, быстрее инференс), строже следует инструкциям по формату JSON, лицензия Apache 2.0 допускает коммерческое использование.

Для заземления создан локальный индекс клинических рекомендаций РФ по нейрохирургии: документы разбиты на фрагменты и векторизованы; при запросе система ищет в FAISS релевантные фрагменты и подает их в промпт Qwen-3 вместе с текстом пациента.

Для детерминированного вывода применен системный промпт с «цепочкой рассуждений» и жестким форматом, например: «Ты - медицинский ассистент-нейрохирург. Проанализируй текст и контекст и дай ответ строго в JSON с полями "История_болезни", "Диагноз" (по МКБ-10), "Обоснование", "Рекомендации". Не добавляй информацию вне контекста; при нехватке данных пиши "Нет данных".»

Особенность исследования - доступность внедрения: система должна работать на рабочей станции врача-исследователя, а не на дорогом серверном кластере.

RTX 3090 (24 ГБ VRAM, GDDR6X) выбрана как референс класса «профессиональный потребитель».

Анализ памяти: 70B (FP16) требует ~140 ГБ (кластер A100); 7B (FP16) ~14-16 ГБ; карты 12-16 ГБ на пределе, не оставляя места под KV-cache; RTX 3090 с 24 ГБ дает запас. Пропускная способность 936 ГБ/с близка к A6000 и обеспечивает работу в реальном времени.

Запуск стека (BERT + Qwen-3 + индекс) на 24 ГБ потребовал квантования: FP16 для 14B требует >28 ГБ, поэтому применено 4-битное AWQ (~9-10 ГБ) с пренебрежимо малым падением качества.

RuBERT компактна (~110 млн параметров, ~0,5-0,7 ГБ); оставшиеся ~12-13 ГБ идут на KV-cache (длинные истории болезни) и эмбеддинг-модель с частью индекса.

Нагрузочные тесты на RTX 3090: извлечение сущностей мгновенно; генерация 40-65 токенов/с (заключение 300 слов за ~5-8 с, первый токен <0,5 с) - приемлемо для рабочего места врача.

Кейс №1. Сложная нейроонкология и границы сущностей

Входной текст (фрагмент МРТ): «...в проекции левого мостомозжечкового угла - экстрааксиальное образование 3,2×2,8×2,5 см, широким основанием прилежащее к пирамиде височной кости, с "дуральным хвостом"; перифокальный отек умеренный...». Анализ NER-модуля - в таблице 1.

Таблица 1

Анализ работы NER-модуля

Сущность *Entity*	Базовый BERT (Softmax) *Basic BERT (Softmax)*	Модифицированный BERT (CRF + Focal Loss) *Modified BERT (CRF + Focal Loss)*	Комментарий *Comment*
Размер *Size*	3,2 (SIZE), x (O), 2,8 (SIZE)	3,2×2,8×2,5 см (SIZE)	CRF-слой «склеил» разрозненные цифры в единую сущность благодаря учету переходов, что позволяет корректно вычислить объем опухоли *The CRF layer consolidated fragmented numeric tokens into a single coherent entity by modeling label transitions, thereby enabling accurate tumor volume calculation*
Патология *Pathology*	объемное образование *space-occupying lesion (mass lesion)*	экстрааксиальное объемное образование, дурального хвоста *extra-axial space-occupying lesion with a dural tail sign*	Focal Loss заставил модель обратить внимание на редкий, но критически важный термин «дуральный хвост», который в базовой версии терялся на фоне частотных слов *Focal Loss forced the model to focus on the rare yet clinically critical term "dural tail (sign)", which in the baseline model was overshadowed by high-frequency tokens and therefore missed*
Локализация *Localization*	левый мостомозжечковый угол *left cerebellopontine angle*	левый мостомозжечковый угол, пирамида височной кости *left cerebellopontine angle, petrous part (petrous pyramid) of the temporal bone*	Корректно выделены обе анатомические привязки *Both anatomical localizations were correctly extracted*

Кейс №2. Генерация диагноза и работа RAG

Без RAG: «объемное образование левого мостомозжечкового угла; рекомендована консультация нейрохирурга» - формально верно, но не использует радиологические признаки для уточнения нозологии.

С RAG: система извлекла из базы рекомендацию: «Менингиомы - наиболее частые экстрааксиальные опухоли ММУ; патогномоничен "дуральный хвост" - утолщение твердой мозговой оболочки по краям опухоли...»

Вывод системы (JSON):

{

"Диагноз": "Менингиома левого мостомозжечкового угла (предположительно Grade I).", "Обоснование": "Экстрааксиальная локализация, связь с пирамидой височной кости, наличие специфического признака 'дуральный хвост'.", "Рекомендации": "1. Консультация нейрохирурга для решения вопроса об оперативном лечении. 2. МРТ с контрастным усилением для уточнения васкуляризации."

}

Модель синтезировала диагноз: слова «менингиома» в тексте не было, но признак «дуральный хвост» связан с нозологией через RAG - качественный скачок интеллектуальной поддержки.

Кейс №3. Устранение галлюцинаций в фармакотерапии

Вход: «Пациент принимает дексаметазон 4 мг утром».

LLaMA-3 (без RAG): «продолжить дексаметазон 40 мг...» - добавлен ноль, десятикратная передозировка (галлюцинация числа).

Qwen-3 (с RAG): промпт «не изменяй числовые значения» и доступ к справочнику дали корректный перенос: «дексаметазон 4 мг в/м или перорально утром». Креативность модели для медицины должна жестко ограничиваться архитектурой.

Обсуждение

Исследование доказывает: суверенные системы медицинского ИИ возможны без потери качества. Ключ - не наращивание параметров, а специализация: гибрид «специализированный энкодер + умный генератор» на локальном оборудовании точнее и предсказуемее облачной LLM при полной защите данных. Гибридные схемы «облако + локальный ИИ» (MedOrchestra, SpeziLLM) подтверждают вынос задач с PHI на локальные/«fog»-узлы [33, 34].

Прототип готов к интеграции в МИС как микросервис: сервер с RTX 3090 в серверной клиники, Docker-контейнер с моделями и API; МИС отправляет текст по REST API и получает JSON, врач лишь валидирует предзаполненные поля. Оценочно это сокращает время оформления документации на 40–60%.

Ограничения - зависимость от качества исходных текстов (OCR-ошибки) и необходимость обновления базы знаний RAG.

Главный эффект - не только оптимизация документооборота, но расширение поддержки решений: NLP выявляет латентные зависимости и значимые признаки, повышая обоснованность. В медицине это диагностика, планирование лечения и мониторинг осложнений; аналогично в других экспертных областях.

Заключение

Проведен сравнительный анализ NLP-моделей для обработки неструктурированных профессиональных текстов. Трансформерные модели обладают наибольшим потенциалом извлечения семантически значимой информации, а эффективность определяется корректностью выбора и адаптации к задаче.

Сформулирован универсальный методический подход (подготовка и анонимизация данных, балансировка выборки, оптимизация гиперпараметров, интерпретируемость). Апробация подтвердила состоятельность: адаптированная тонкой настройкой BERT дала наилучшее соотношение точности классификации и вычислительных затрат.

Результаты подтверждают применимость подхода как универсального инструментария для анализа больших массивов неструктурированных текстов и адаптации к различным предметным областям.

Литература

1. *Боголюбская Ю.В., Бакалец И.А., Бакалец Ю.А., Костюкова Т.А.* Единая медицинская информационно-аналитическая система (ЕМИАС) Москвы // *Естественные и технические науки*. 2016. № 1(91). С. 65–66.
2. *Сизов Г.Г.* Цифровая трансформация первичной медико-санитарной помощи в Москве // *Национальное здравоохранение*. 2024. №5 (3). С. 41–52.
3. *Глибко К.* Цифровые решения в клинике – это возможность оперативно анализировать ситуацию и принимать решения. Московская медицина. 2021. №2 (42). С. 46–47.
4. *Touvron H., Martin L., Stone K., et al.* LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models // *arXiv preprint.* 2023. arXiv:2302.13971.
5. *Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al.* Attention Is All You Need // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008.
6. *Hochreiter S., Schmidhuber J.* Long Short-Term Memory // *Neural Computation*. 1997. Vol. 9. No. 8. P. 1735–1780.
7. *Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K.* BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*. 2019. P. 4171–4186.
8. *Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J.* Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // *arXiv preprint.* 2013 arXiv:1301.3781.
9. *Kang N., Singh B., Afzal Z., Mulligen E., Kors J.* Using rule-based natural language processing to improve disease normalization in biomedical text // *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*. 2012. Vol. 20. P. 876–881.
10. *Abacha A., Zweigenbaum P.* Automatic extraction of semantic relations between medical entities: a rule based approach // *Journal of Biomedical Semantics*. 2011. Vol. 2. P. S4–S4.
11. *Shannon G., Rayapati N., Corns S., Wunsch D.* Comparative study using inverse ontology cogency and alternatives for concept recognition in the annotated National Library of Medicine database // *Neural networks: the official journal of the International Neural Network Society*. 2021. Vol. 139. P. 86–104.
12. *Hammami L., Paglialonga A., Pruneri G., Torresani M., Sant M., Bono C., Caiani E., Baili P.* Automated classification of cancer morphology from Italian pathology reports using Natural Language Processing techniques: A rule-based approach // *Journal of biomedical informatics*. 2021. Vol. 116. P. 103712.
13. *Gholipour M., Khajouei R., Amiri P., Gohari S., Ahmadian L.* Extracting cancer concepts from clinical notes using natural language processing: a systematic review // *BMC Bioinformatics.* 2023. Vol. 24. P. 405.
14. *Berge G., Granmo O., Tveit T., Ruthjersen A., Sharma J.* Combining unsupervised, supervised and rule-based learning: the case of detecting patient allergies in electronic health records // *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2023. Vol. 23. P. 188.
15. *Kreimeyer K., Foster M., Pandey A., Arya N., Halford G., Jones S., Forshee R., Walderhaug M., Botsis T.* Natural language processing systems for capturing and standardizing unstructured clinical information: A systematic review // *Journal of biomedical informatics*. 2017. Vol. 73. P. 14–29.
16. *Liu Z., Yang M., Wang X., Chen Q., Tang B., Wang Z., Xu H.* Entity recognition from clinical texts via recurrent neural network // *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2017. Vol. 17. P. 67.
17. *Ong C., Orfanoudaki A., Zhang R., Caprasse F., Hutch M., Fard D., Balogun O., Miller M., Minnig M., Saglam H., Prescott B., Greer D., Smirnakis S., Bertsimas D.* Machine learning and natural language processing methods to identify ischemic stroke, acuity and location from radiology reports // *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15. No. 6. P. e0234908.
18. *Si Y., Wang J., Xu H., Roberts K.* Enhancing Clinical Concept Extraction with Contextual Embedding // *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*. 2019. Vol. 26. No. 11. P. 1297–1304.
19. *Khattak F., Jeblee S., Pou-Prom C., Abdalla M., Meaney C., Rudzicz F.* A survey of word embeddings for clinical text // *Journal of biomedical informatics*. 2019. Vol. 100. P. 100057.
20. *Wu X., Xiang B., Lu H., Li C., Huang X., Huang W.* Optimizing Recurrent Neural Networks: A Study on Gradient Normalization of Weights for Enhanced Training Efficiency // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. No. 15. P. 6578.
21. *Pascanu R., Mikolov T., Bengio Y.* On the difficulty of training recurrent neural networks // *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning*. 2013. Vol. 28. No. 3. P. 1310–1318.
22. *Zucchet N., Orvieto A.* Recurrent neural networks: vanishing and exploding gradients are not the end of the story // *ArXiv*. 2024. abs/2405.21064.
23. *Goldberg Y.* Neural Network Methods for Natural Language Processing // *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*. 2017. P. 1–309.
24. *Lu H., Ehwerhemuepha L., Rakovski C.* A comparative study on deep learning models for text classification of unstructured medical notes with various levels of class imbalance // *BMC Medical Research Methodology*. 2022. Vol. 22. P. 121.
25. *Li Y., Wehbe R., Ahmad F., Wang H., Luo Y.* A Comparative Study of Pretrained Language Models for Long Clinical Text // *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*. 2022. Vol. 30. No. 2. P. 340–347.
26. *Blinov P., Avetisian M., Kokh V., Umerenkov D., Tuzhilin A.* Predicting Clinical Diagnosis from Patients Electronic Health Records Using BERT-based Neural Networks // *Artificial Intelligence in Medicine*. 2020. P. 111–121.
27. *Roustan D., Bastardot F.* The Clinicians' Guide to Large Language Models: A General Perspective With a Focus on Hallucinations // *Interactive Journal of Medical Research*. 2025. Vol. 14. P. e59823.
28. *Huang L., Yu W., Zhong W., Feng Z., Wang H., Chen Q., Peng W., Feng X., Qin B., Liu T.* A Survey on Hallucination in Large Language Models:

Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions // *ACM Transactions on Information Systems*. 2023. Vol. 43, P. 1–55.

29. *Omar M., Sorin V., Collins J., Reich D., Freeman R., Gavin N., Charney A., Stump L., Bragazzi N., Nadkarni G., Klang E.* Multi-model assurance analysis showing large language models are highly vulnerable to adversarial hallucination attacks during clinical decision support // *Communications Medicine*. 2025. Vol. 5. No. 1. P. 330.

30. *Tang L., Sun Z., Idnay B., Nestor J., Soroush A., Elias P., Xu Z., Ding Y., Durrett G., Rousseau J., Weng C., Peng Y.* Evaluating large language models on medical evidence summarization // *NPJ Digital Medicine*. 2023. Vol. 6. No. 1. P. 158.

31. *Miao J., Thongprayoon C., Suppadungsuk S., Valencia O., Cheungpasitporn W.* Integrating Retrieval-Augmented Generation with Large Language Models in Nephrology: Advancing Practical Applications // *Medicina*. 2024. Vol. 60. No. 3. P. 445.

32. *Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Kuttler H., Lewis M., Yih W., Rocktäschel T., Riedel S., Kiela D.* Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // *ArXiv*. 2020. abs/2005.11401.

33. *Lee S., Song H., Lee J., Lee Y., Lee B., Lim H., Kim D., Seo J., Kim B.* MedOrchestra: A Hybrid Cloud-Local LLM Approach for Clinical Data Interpretation // *ArXiv*. 2025. abs/2505.23806.

34. *Zagar P., Ravi V., Aalami L., Krusche S., Aalami O., Schmiedmayer P.* Dynamic Fog Computing for Enhanced LLM Execution in Medical Applications // *ArXiv*. 2024. abs/2408.04680.

Comparative analysis and fine-tuning of modern NLP models for professional text processing (a case study of clinical data)

Alliti D.B., Ilyin I.V.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Contemporary professional activity is characterized by rapid growth in the volume of unstructured textual data - reports, protocols, and analytical summaries - distinguished by complex domain-specific terminology, high variability of formulations, and strong contextual dependence, which constrains their automated analysis and use within decision support systems. A promising approach is the application of natural language processing (NLP) methods based on deep learning architectures; however, the lack of comprehensive comparative studies on the applicability of NLP models to professional texts complicates the informed selection of tools and adaptation strategies. The aim of the study is to develop a universal methodological approach to the selection and fine-tuning of modern NLP models for professional text analysis and to validate it using clinical data. A comparative analysis of the BERT, GPT-3.5, LLAMA 3, ELMo, and XLNet architectures is performed in terms of structural and computational characteristics and suitability for text classification; the models are evaluated on a corpus of clinical texts and fine-tuned with PyTorch. The BERT model adapted through fine-tuning achieves the highest classification accuracy at moderate computational cost. The practical significance lies in formulating universal recommendations for selecting and fine-tuning NLP models for intelligent information systems across various domains, including healthcare.

Keywords: natural language processing, professional texts, unstructured data, fine-tuning, machine learning, clinical text analysis, NLP models.

References

1. Bogolyubskaya Yu.V., Bakalets I.A., Bakalets Yu.A., Kostyukova T.A. Unified Medical Information and Analytical System (UMIAS) of Moscow // Natural and Technical Sciences. 2016. No. 1 (91). pp. 65–66.
2. Sizov G.G. Digital Transformation of Primary Health Care in Moscow // National Healthcare. 2024. No. 5 (3). pp. 41–52.
3. Glibko K. Digital Solutions in the Clinic: An Opportunity to Quickly Analyze the Situation and Make Decisions. Moscow Medicine. 2021. No. 2 (42). pp. 46–47.
4. Touvron H., Martin L., Stone K., et al. LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models // arXiv preprint. 2023. arXiv:2302.13971.
5. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008.
6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. 1997. Vol. 9.No. 8. P. 1735–1780.
7. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. 2019, pp. 4171–4186.
8. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // arXiv preprint. 2013 arXiv:1301.3781.
9. Kang N., Singh B., Afzal Z., Mulligen E., Kors J. Using rule-based natural language processing to improve disease normalization in biomedical text // Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA. 2012. Vol. 20. P. 876–881.
10. Abacha A., Zweigenbaum P. Automatic extraction of semantic relations between medical entities: a rule based approach // Journal of Biomedical Semantics. 2011. Vol. 2. P. S4–S4.
11. Shannon G., Rayapati N., Corns S., Wunsch D. Comparative study using inverse ontology cogency and alternatives for concept recognition in the annotated National Library of Medicine database // Neural networks: the official journal of the International Neural Network Society. 2021. Vol. 139. P. 86–104.
12. Hammami L., Paglialonga A., Pruneri G., Torresani M., Sant M., Bono C., Caiani E., Baili P. Automated classification of cancer morphology from Italian pathology reports using Natural Language Processing techniques: A rule-based approach // Journal of biomedical informatics. 2021. Vol. 116. P. 103712.
13. Gholipour M., Khajouei R., Amiri P., Gohari S., Ahmadian L. Extracting cancer concepts from clinical notes using natural language processing: a systematic review // BMC Bioinformatics. 2023. Vol. 24. P. 405.
14. Berge G., Granmo O., Tveit T., Ruthjersen A., Sharma J. Combining unsupervised, supervised and rule-based learning: the case of detecting patient allergies in electronic health records // BMC Medical Informatics and Decision Making. 2023. Vol. 23. P. 188.
15. Kreimeyer K., Foster M., Pandey A., Arya N., Halford G., Jones S., Forshee R., Walderhaug M., Botsis T. Natural language processing systems for capturing and standardizing unstructured clinical information: A systematic review // Journal of biomedical informatics. 2017. Vol. 73. P. 14–29.
16. Liu Z., Yang M., Wang X., Chen Q., Tang B., Wang Z., Xu H. Entity recognition from clinical texts via recurrent neural network // BMC Medical Informatics and Decision Making. 2017. Vol. 17. P. 67.
17. Ong C., Orfanoudaki A., Zhang R., Caprasse F., Hutch M., Fard D., Balogun O., Miller M., Minnig M., Saglam H., Prescott B., Greer D., Smirnakis S., Bertsimas D. Machine learning and natural language processing methods to identify ischemic stroke, acuity and location from radiology reports // PLoS ONE. 2020. Vol. 15.No. 6. P. e0234908.
18. Si Y., Wang J., Xu H., Roberts K. Enhancing Clinical Concept Extraction with Contextual Embedding // Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA. 2019. Vol. 26.No. 11. P. 1297–1304.
19. Khattak F., Jeblee S., Pou-Prom C., Abdalla M., Meaney C., Rudzicz F. A survey of word embeddings for clinical text // Journal of biomedical informatics. 2019. Vol. 100. P. 100057.
20. Wu X., Xiang B., Lu H., Li C., Huang X., Huang W. Optimizing Recurrent Neural Networks: A Study on Gradient Normalization of Weights for Enhanced Training Efficiency // Applied Sciences. 2024. Vol. 14.No. 15. P. 6578.
21. Pascanu R., Mikolov T., Bengio Y. On the difficulty of training recurrent neural networks // Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning. 2013. Vol. 28.No. 3. P. 1310–1318.
22. Zucchet N., Orvieto A. Recurrent neural networks: vanishing and exploding gradients are not the end of the story // ArXiv. 2024. abs/2405.21064.
23. Goldberg Y. Neural Network Methods for Natural Language Processing // Synthesis Lectures on Human Language Technologies. 2017. P. 1–309.
24. Lu H., Ehwerhemuepha L., Rakovski C. A comparative study on deep learning models for text classification of unstructured medical notes with various levels of class imbalance // BMC Medical Research Met
25. Li Y., Wehbe R., Ahmad F., Wang H., Luo Y. A Comparative Study of Pretrained Language Models for Long Clinical Text // Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA. 2022. Vol. 30.No. 2. P. 340–347.
26. Blinov P., Avetisian M., Kokh V., Umerenkov D., Tuzhilin A. Predicting Clinical Diagnosis from Patients Electronic Health Records Using BERT-based Neural Networks // Artificial Intelligence in Medicine. 2020. P. 111–121.
27. Roustan D., Bastardot F. The Clinicians' Guide to Large Language Models: A General Perspective With a Focus on Hallucinations // Interactive Journal of Medical Research. 2025. Vol. 14. P. e59823.
28. Huang L., Yu W., Zhong W., Feng Z., Wang H., Chen Q., Peng W., Feng X., Qin B., Liu T. A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions // ACM Transactions on Information Systems. 2023. Vol. 43, pp. 1–55.
29. Omar M., Sorin V., Collins J., Reich D., Freeman R., Gavin N., Charney A., Stump L., Bragazzi N., Nadkarni G., Klang E. Multi-model assurance analysis showing large language models are highly vulnerable to adversarial hallucination attacks during clinical decision support // Communications Medicine. 2025. Vol. 5.No. 1. P. 330.
30. Tang L., Sun Z., Idnay B., Nestor J., Soroush A., Elias P., Xu Z., Ding Y., Durrett G., Rousseau J., Weng C., Peng Y. Evaluating large language models on medical evidence summarization // NPJ Digital Medicine. 2023. Vol. 6.No. 1. P. 158.
31. Miao J., Thongprayoon C., Suppadungsuk S., Valencia O., Cheungpasitporn W. Integrating Retrieval-Augmented Generation with Large Language Models in Nephrology: Advancing Practical Applications // Medicina. 2024. Vol. 60.No. 3. P. 445.
32. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Kuttler H., Lewis M., Yih W., Rocktäschel T., Riedel S., Kiela D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // ArXiv. 2020. abs/2005.11401.
33. Lee S., Song H., Lee J., Lee Y., Lee B., Lim H., Kim D., Seo J., Kim B. MedOrchestra: A Hybrid Cloud-Local LLM Approach for Clinical Data Interpretation // ArXiv. 2025. abs/2505.23806.
34. Zagar P., Ravi V., Aalami L., Krusche S., Aalami O., Schmiedmayer P. Dynamic Fog Computing for Enhanced LLM Execution in Medical Applications // ArXiv. 2024. abs/2408.04680.

Анализ вариантов предпускового разогрева дизель-генераторной установки снегоуборочных машин СМ-2 при низких температурах в условиях Дальневосточной дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин

Буланов Андрей Константинович
магистрант, ИТПС, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 004171@pnu.edu.ru,

Вайнер Леонид Григорьевич
д.т.н., профессор, ВШ ПРИ, Тихоокеанский государственный университет, lgvainer@mail.ru

В статье рассмотрены снегоуборочные машины СМ-2, состоящие на балансе Дальневосточной дирекции по эксплуатации путевых машин, приведены основные проблемы эксплуатации этих машин в зимний период работы. Приведен краткий обзор современных методов предпускового подогрева двигателей путевых машин, эксплуатируемых в условиях низких температур. Рассматриваются различные технические решения, направленные на обеспечение надежного запуска силовых установок без существенного износа их основных узлов. Проведен анализ конструктивных особенностей существующих систем предпускового подогрева с применением электрических подогревателей как наиболее распространенных. Рассмотрены эффективные пути адаптации двигателей к эксплуатации в зимних условиях, включая применение поверхностно-распределенных электронагревателей.
Ключевые слова: путевые машины, эксплуатация, предпусковая подготовка двигателей, поверхностно-распределенный электронагреватель.

Введение

В дальневосточной дирекции по эксплуатации путевых машин числятся различные снегоуборочные машины, среди которых основу парка составляют машины СМ-2 конструкции ПТКБЦП, в количестве 21 единицы. Данная машина состоит из головной снегоуборочной машины СМ-2 (СМ-2А, СМ-2Б, СМ-2М), одного или двух промежуточных и одного концевого полувагонов. Головная машина (рис. 1) включает кабину управления 1, рабочие органы 3 и машинное помещение 2. Питание электроэнергией рабочих механизмов всего поезда производится от дизель-генератора 4, установленного в машинном помещении.

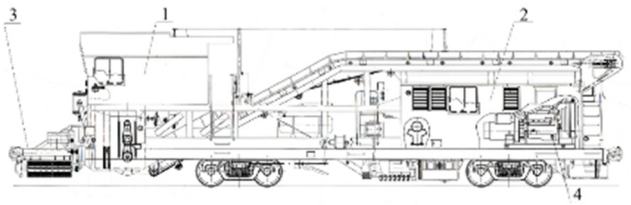


Рисунок 1. Головная машина снегоуборочного поезда СМ-2

Для передвижения снегоуборочного поезда применяется локомотив любой серии, в том числе маневровый (за исключением мотовозов и тепловозов мощностью менее 600 л.с.).

Очистку путей, сбор снега или мусора производит головная машина СМ-2. Она же осуществляет загрузку снегом или мусором прицепленных к ней полувагонов. Разгрузка производится концевым полувагоном в специально отведенных местах в пределах станции или вне ее, в движении или на стоянке, в правую или левую сторону от оси пути [7].

В качестве силового агрегата на машине установлен дизель-генератор АД-200-Тсп (рис. 2), состоящий из дизеля, прифланцованного к нему синхронного генератора со статической системой возбуждения, установленных на общей раме, а также систем питания топливом, смазки, охлаждения, подогрева, воздушного пуска, управления и электрооборудования.

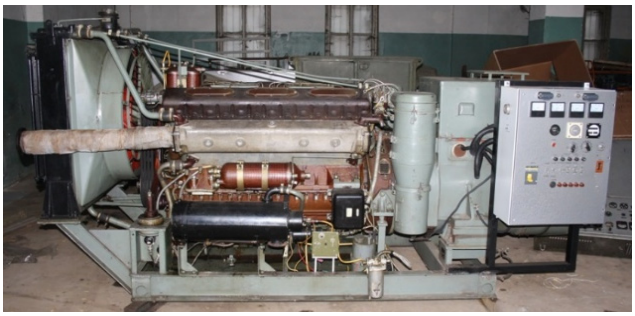


Рисунок 2. Дизель-генератор АД-200-Тсп

Дизель-генератор обеспечивает нормальную работу при температуре окружающего воздуха (при относительной влажности не более 70 %) в пределах от −50 °С до +50 °С; расположении на высоте над уровнем моря до 1000 м; запыленности окружающего воздуха до 0,5 г/м^3; крене и дифференте до 10° [2].

В условиях отрицательных температур окружающей среды, при хранении техники на открытом воздухе (без стационарных укрытий), доминирующим фактором, лимитирующим эксплуатационную надежность, становится затрудненный пуск двигателя внутреннего сгорания.

В руководстве по эксплуатации дизель-генератора АД-200-Тсп [2] указано, что двигатели ЯМЗ-240НМ2 [1] при исправных аккумуляторных батареях и использовании зимних сортов топлив и масел запускаются при температуре до минус 10 °С без подогрева. При температурах до минус 20 °С пуск двигателя производить с применением электрофакельного устройства. При температурах окружающего воздуха ниже минус 20 °С пуск необходимо производить после прогрева двигателей подогревательным устройством. Пуск непрогретого двигателя приведет к

повышенному износу и даже к задирам трущихся поверхностей, особенно вкладышей подшипников коленчатого вала [1].

Основные данные дизель-генератора и его основные составные части отражены в табл. 1.

Таблица 1
Технические данные дизель-генератора АД-200-Тсп [2]

Наименование параметров	Значения
Обозначение двигателя	ЯМЗ-240НМ2
Обозначение генератора	ГСФ-200
Мощность, кВт	200
Частота тока, Гц	50
Напряжение, В	400
Сила тока, А	360
Частота вращения вала, об/мин	1500
Объем масла в системе смазки, л	75
Объем охлаждающей жидкости в системе охлаждения, л	75
Масса сухого дизель-генератора, кг	3800

Также отмечается, что при зимней эксплуатации необходимо следить за температурой охлаждающей жидкости; при ее понижении до +70°С закрыть жалюзи, а если необходимо, утеплить капот и радиатор защитными кожухами.

Так как зимний период на Дальнем Востоке весьма суров (средняя температура -25 °С), а минимальные температуры нередко достигают -40 °С [9]. Поэтому, при переходе к зимним условиям эксплуатации техники необходима реализация совокупности адаптационных мероприятий, компенсирующих негативные эффекты низкотемпературных внешних факторов и обеспечивающих сохранение заданных эксплуатационных характеристик.

В качестве устройства предпускового подогрева на снегоуборочных машинах СМ-2 используется подогреватель ПЖД-600Б (рис. 3), технические характеристики которого приведены в табл. 2.

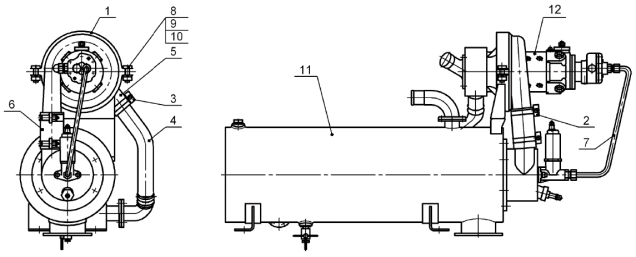


Рисунок 3. Подогреватель ПЖД-600Б: 1 – половина хомута; 2, 3 – хомут; 4 – труба соединительная; 5 – шланг соединительный; 6 – шланг воздушный; 7 – трубка топливная; 8 – болт М10-6gх30; 9 – гайка М10-6Н; 10 – шайба 10Л; 11 – котел подогревателя; 12 – агрегат насосный

Таблица 2
Технические характеристики подогревателя ПЖД-600Б

Наименование параметров	Значения
Тепловая производительность, ккал/час, не более	40000
Емкость жидкостной полости котла, л	10
Расход топлива, кг/час, не более	9,5
Температура выпускных газов, °С, не менее	400
Напряжение питания, В	24

Система электроподогрева предназначена для поддержания с помощью электронагревателя ТЭН предварительно разогретого дизель-генератора в состоянии постоянной готовности к пуску. На машине СМ-2 установлен электронагреватель марки 1–ТЭН–99.Б.13/3,5–П380, номинальной мощностью 3,5 кВт и напряжением 380В [2].

Существование подобных систем предпускового нагрева не решает проблему холодного пуска дизель-генераторных установок снегоуборочных машин СМ-2 в условиях Дальневосточной дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин. По экономическим соображениям из 21 единицы снегоуборочных машин СМ-2, предпусковыми подогревателями оборудованы только 7.

Решение проблемы повышения эффективности работы снегоуборочных машин СМ-2 требует разработки и внедрения новых методов и способов адаптации двигателей к эксплуатации в зимних условиях В этой связи определяющее значение приобретает учет их адаптационного потенциала по отношению к вариативным условиям эксплуатации, что позволяет добиться существенного повышения их технологической эффективности.

Современные технические решения, направленные на обеспечение надежного запуска силовых установок.

Повышению надёжности и снижению энергетических потерь в агрегатах, приводах и системах мобильных машин на основе оптимизации температуры рабочих сред и прочих параметров в различных природно-климатических и производственных условиях посвящены работы Н.В. Алдошина, А.В. Акимова, Ч.К. Гнутова, Б.Е. Довбня, Д.А. Домнышева [3], Г. М. Крохты, и других.

Наиболее близкие к данной теме исследования представлены в работе [3]. Авторы предлагают улучшить пусковые качества дизельного двигателя путём электрического подогрева воздуха на впуске. В качестве объекта исследования выбрана модификация тракторного двигателя типа 4ЧН 15/20,5 постоянной мощности с пониженной до 12,5 единиц степени сжатия, с целью снижения тепловых и механических нагрузок в режиме максимального крутящего момента. Во впускном тракте дизеля последовательно установлены: электрофакельное устройство и три трубчатых электронагревателя.

Методика расчёта теплоотдачи от поверхности впускного коллектора в окружающий воздух заключалась в использовании кривых остывания для определения коэффициента теплопередачи при известной внешней площади (S) и массе (m) впускного коллектора. Принимая во внимание, что коллектор изолирован от головок двигателя паронитовыми прокладкам и теплообменом между ними можно пренебречь, на основе уравнения теплового баланса находили количество тепла, отдаваемого при остывании

$$Q_{ос} = m \cdot c \cdot (t - t_{окр}), \quad (1)$$

$$Q_{ос} = S \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau, \quad (2)$$

где с – теплоёмкость серого чугуна, Дж/кг·К; S – площадь поверхности, на которой происходит теплопередача, м²; k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К;

τ – время остывания поверхности коллектора от t_1 до t_2.

Особого внимания заслуживают исследования по разработке новых технологий зимней эксплуатации транспортных и дорожно-строительных машин на основе применения ленточных электрических подогревателей моторного масла, дизельного топлива и охлаждающей жидкости, проводимые в Сибирском государственной автомобильно-дорожном университете. Предложенные подогреватели, защищенные патентами Российской Федерации весьма эффективны, надёжны и имеют высокую степень безотказности [6].

Проведённым анализом установлено, что наиболее эффективным способом адаптации снегоуборочных машин СМ-2 к условиям эксплуатации в условиях низких температур является использование электрических нагревательных элементов, как наименее затратных, энергоэффективных и многофункциональных в применении.

С целью решения обозначенной проблемы, предлагается ряд технических решений, защищённых охранными документами на результаты интеллектуальной деятельности, которые позволяют провести адаптацию энергетических средств к работе в зимних условиях эксплуатации. Рассмотрим конструктивные особенности и эксплуатационно-режимные характеристики предлагаемых технических решений.

Термоэлектрический подогреватель для двигателя внутреннего сгорания (рис. 4) [5].

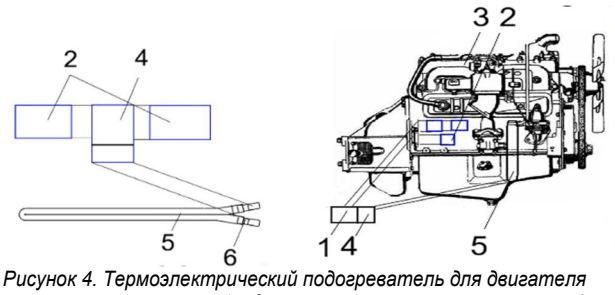


Рисунок 4. Термоэлектрический подогреватель для двигателя внутреннего сгорания: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – термоэлектрические модули Пельтье; 3 – нагреваемые зоны корпуса двигателя внутреннего сгорания; 4 – контроллер с таймером и конденсатором; 5 – электронагревательный элемент; 6 – зажимы

Термоэлектрический подогреватель для двигателя внутреннего сгорания (1) состоит из термоэлектрических модулей Пельтье (2), установленных на наиболее нагреваемых зонах корпуса двигателя внутреннего сгорания (3) и подключённых электрическими проводами к контроллеру (4), с таймером и конденсатором, электронагревательного элемента (5) с

внешним изолирующим теплоотражающим слоем и подводящими контактными зажимами (6), закреплённого на корпусе и поддоне картера двигателя (3), также подключённого электрическими проводами к контроллеру с таймером и конденсатором.

Устройство работает следующим образом. При работе двигателя, термоэлектрические модули Пельтье (2) вырабатывают электрический ток, который накапливается в конденсаторе контроллера (4). Перед пуском двигателя в условиях низких температур, таймер контроллера (4) подаёт сигнал на конденсатор, который начинает отдавать полученный ранее электрический заряд электронагревательному элементу (5), что вызывает его нагрев и предварительный разогрев корпуса и поддона картера двигателя (3) до оптимальных температур для запуска.

При отсутствии необходимости предварительного разогрева двигателя водителем отключается контроллер с таймером и конденсатором.

На рис. 5 приведен ленточный подогреватель топливного фильтра дизельных автомобилей [4].

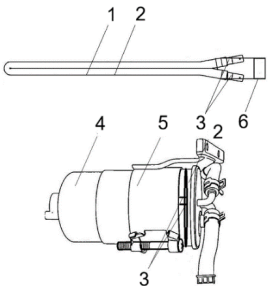


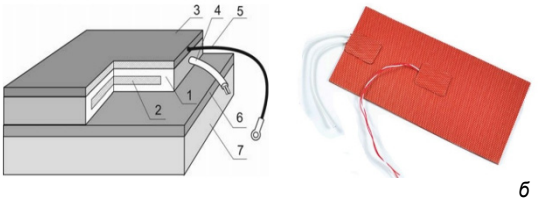
Рисунок 5. Ленточный подогреватель топливного фильтра дизельных автомобилей: 1 – электрический ленточный подогреватель топливного фильтра; 2 – ленточный кольцевой электронагревательный элемент; 3 – подводящие контактные зажимы; 4 – корпус; 5 – топливный фильтр; 6 – регулирующий блок

Электрический ленточный подогреватель топливного фильтра дизельных автомобилей (1) состоит из ленточного кольцевого электронагревательного элемента (2) с внешним изолирующим теплоотражающим слоем и подводящими контактными зажимами (3), установленного вокруг корпуса (4) топливного фильтра (5), вблизи топливо-распределяющего устройства и расположения внутренних уплотнительных манжет, и связанного с регулирующим блоком (6), управляющим подключением указанного ленточного электронагревательного элемента (2) в цепь питания и его отключением.

В ходе выполнения транспортных операций в условиях низких температур, водителем автомобиля подаётся электрическое питание на регулирующий блок (6), подключающий ленточный кольцевой электронагревательный элемент (2), который производит подогрев и поддержание оптимальной температуры внутренних устройств, фильтрующих элементов и резинотехнических изделий топливного фильтра и поступающего в рабочие части фильтра дизельного топлива.

Таким образом, на основе проведённого обзора, доказана необходимость проведения адаптационных мероприятий для системы предпускового разогрева, которая в условиях дальневосточного региона является важным, а порой и лимитирующим фактором, определяющим надёжность энергетической установки снегоуборочных машин СМ-2 при низких температурах. В качестве альтернативы дорогостоящим предпусковым подогревателям предлагается инновационный метод покрытия картера двигателя нагревательным материалом, при котором обеспечивается нагрев масла до положительных значений температуры, минимально допустимых для надежного запуска холодного двигателя.

В качестве нагревательного материала используется поверхностно-распределенный электронагреватель (ПРН) – тонкий греющий слой, размещенный между изолирующими оболочками (рис. 6) [10].



а б

Рисунок 6. Поверхностно-распределенный электронагреватель: а – схема; б – внешний вид: 1 – изоляционный слой; 2 – электропроводящий слой; 3 – электропроводящий заземляющий слой; 4 – токопроводы; 5 – заземляющий провод; 6 – изолирующий материал; 7 – стенка картера двигателя

В качестве материалов, изолирующих нагревательный элемент, используется кремнийорганическая резина (силикон). Материал изоляции определяет удельную мощность нагревателя и, следовательно, температуру его поверхности и ее размер. Данный тип изоляции наиболее подходит для изготовления промышленных нагревателей, устойчив ко многим химическим веществам, а также моторным маслам, что является основополагающим фактором при выборе данного ПНР.

Основные характеристики силиконовых нагревателей приведены в табл.3.

Таблица 3

Технические характеристики поверхностно-распределенных электронагревателей [8]

Наименование параметров	Значения
Максимальная температура, °С	200 (250)
Минимальная температура, °С	-50
Максимальная удельная мощность, Вт/см²	1,3
Напряжение, В	До 1000
Длина нагревателя, мм	До 5000
Ширина нагревателя, мм	До 1000
Толщина нагревателя, мм	1-4
Минимальный радиус сгиба, мм	10
Нагревательный элемент	металлическая проволока или травленая фольга
Варианты подключения	провода, фастоны, контактная площадка

Максимальная допустимая температура данного нагревателя – 235 °С. На максимальную мощность и температуру нагревателя влияет не только тип изоляции. Ключевое значение также имеют: клеевой состав, соединяющий нагревательный элемент с изоляцией; способ фиксации ПРН на обогреваемой поверхности; характеристики терморегулятора; свойства нагреваемой среды и место установки датчика температуры. Практикуется несколько способов крепления ПРН: на акриловую двустороннюю ленту, приклеивание (например, эпоксидной смолой), прижатие или иные механические методы. При этом максимальная температура поверхности нагревателя составляет: 150 °С – для акриловой ленты, 115 °С – для эпоксидного клея, 180 °С – для прижатия. Механический способ крепления позволяет достигать значительно более высоких температур.

Для картера двигателя более приемлемый способ крепления ПНР на акриловую двухстороннюю клеящую ленту, поэтому требуется установка терморегулятора [10].

Заключение

На основе проведенного вариативного анализа конструкторских решений можно сделать следующие выводы:

1. Дизель-генераторные установки АД-200-Тсп снегоуборочных машин СМ-2 Дальневосточной дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин практически в течение семи месяцев (с октября по апрель) используются в крайне неблагоприятных условиях низких температур, препятствующих всесезонному запуску, нормальной эксплуатации и реализации оптимальных режимов их работы.

2. Выявлен ряд технологических недоработок, эксплуатационных перегрузок и отсутствие адаптационных мероприятий для региональных условий использования дизель-генераторных установок АД-200-Тсп.

3. Установлено, что для повышения эффективности использования дизель-генераторных установок АД-200-Тсп необходимо проведение мероприятий по их адаптации к условиям низких температур окружающего воздуха.

4. Предложены инновационные технические решения, защищённые охранными документами, позволяющие адаптировать энергетические средства к работе в зимних условиях эксплуатации с наименьшими материальными затратами.

Литература

1. Двигатели ЯМЗ-240М2, ЯМЗ-240-НМ2, ЯМЗ-ПМ2: Руководство по эксплуатации 240-3902150 РЭ. – Ярославль 2016

2. Дизель-генератор АД-200-Тсп. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

3. Исследование теплового режима агрегатов трансмиссии и подвески автомобиля в зимних условиях / Д.А. Домнышев, А.А. Долгушин, А.Ф. Курносов, М.В. Вакуленко // Достижения науки и техники АПК. 2015. №7. С. 82-84.

4. Патент №171707 Российская Федерация. Ленточный подогреватель топливного фильтра дизельных автомобилей : № 2016149647 : заявл. 16.12.2016 : опубл. 13.06.2017 / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., [и др.]. Бюл №17. 1 с.

5. Патент №185324 Российская Федерация. Термоэлектрический подогреватель для двигателя внутреннего сгорания : № 2018115932 : заявл. 26.04.2018 : опубл. 30.11.2018 / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., [и др.]. Бюл №34. 6 с.

6. Патент №197094 Российская Федерация. Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль : № 2019142798 : заявл. 17.12.2019 : опубл. 30.03.2020 / Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Гончарук А.И., [и др.]. Бюл №10. 8 с.

7. Поезд снегоуборочный СМ-2: Техн. условия на сред. ремонт 81.22 УС: Утв. Гл. упр. пути М-ва путей сообщ. РФ 10.12.92. - Москва: Транспорт, 1995. – 207 с.: ил.; 24 см.

8. Промышленные нагреватели. Каталог. 2025 ООО «Номакон» [Электронный ресурс]. www.nomacon.ru. (дата обращения 25.05.2026).

9. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23-01-99 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2020 N 859/пр) (ред. от 30.06.2023)

10. Электрические элементные нагреватели: пособие / А. Е. Заяц [и др.]; под ред. проф. Е. М. Зайца. – Минск: БГАТУ, 2011. – 180 с.

Analysis of preheating options for the sm-2 diesel generator set of snow removal train at low temperatures in the conditions of the far eastern directorate for the operation of railway machines

Bulanov A.K., Vainer L.G.
Far Eastern State Transport University, Pacific State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article discusses the SM-2 Snow removal trains, which are on the balance sheet of the Far Eastern directorate for the operation of railway machines, and presents the main problems of operating these machines during the winter period. A brief overview of modern methods of preheating engines of railway machines operated at low temperatures is given. This article examines various technical solutions aimed at ensuring reliable starting of power plants without significant wear and tear on their key components. It also analyzes the design features of existing preheating systems, which utilize electric heaters as the most common. Effective ways to adapt engines for winter operation are explored, including the use of surface-distributed electric heaters.

Keywords: railway machines, operation, and pre-start preparation of engines, surface-distributed electric heater.

References

1. YAMZ-240M2, YAMZ-240-NM2, YAMZ-PM2 engines: Operation Manual 240-3902150 RE. – Yaroslavl 2016
2. Diesel generator AD-200-Tsp. Technical description and operating instructions.
3. Domnyshev D.A., Dolgushin A.A., Kurnosov A.F., Vakulenko M.V. Investigation of the thermal regime of transmission and suspension units of a car in winter conditions // Achievements of science and technology of the Agroindustrial Complex. 2015. No. 7. pp. 82-84.
4. Patent No. 171707 Russian Federation. Belt heater of the fuel filter for diesel cars : No. 2016149647 : application 16.12.2016 : published 13.06.2017 / Kuznetsov E.E., Shields S.V., [et al.]. Byul No. 17. 1 p.
5. Patent No. 185324 Russian Federation. Thermoelectric heater for an internal combustion engine : No. 2018115932 : application 26.04.2018 : published 30.11.2018 / Kuznetsov E.E., Shields S.V., [et al.]. Byul No.34. 6 p.
6. Patent No. 197094 Russian Federation. Thermoelectric automotive heating module : No. 2019142798 : application no. 12/17/2019 : publ. 30.03.2020 / Kuznetsov E.E., Shields S.V., Goncharuk A.I., [et al.]. Byul. no. 10. 8 p.
7. Snow removal train SM-2: Technical environmental conditions. repair 81.22 US: Approved by the Head of the Department of the Ministry of Communications. RF 10.12.92. - Moscow: Transport, 1995. – 207 p.: ill.; 24 cm.
8. Industrial heaters. Catalog. 2025 Nomacon LLC [Electronic resource]. www.nomacon.ru. (Accessed on 25.05.2026).
9. SP 131.13330.2020. A set of rules. Construction climatology. SNiP 23-01-99 (approved and put into effect by Order of the Ministry of Construction of Russia dated December 24, 2020 N 859/pr) (as amended on 30.06.2023)
10. Electric Element Heaters: A Guide / A. E. Zayats [et al.]; edited by Prof. E. M. Zayats. – Minsk: BGA TU, 2011. – 180 p.

Функциональные требования к проектированию голосового робота-помощника для работы в информационной системе

Васильев Максим Сергеевич
заместитель начальника управления информатизации и информационно-технологического сопровождения образовательной деятельности, Международный Юридический Институт, znui@lawinst.ru

Разработка голосового робота-помощника для информационных продуктов на платформе 1С является сложной задачей, требующей глубоких знаний в области программирования и UX-дизайна. Однако, с помощью современных технологий и методов, можно создать эффективного голосового ассистента, который будет способен выполнять широкий спектр задач. В данной работе рассмотрены принципы разработки голосового робота-помощника для систем на платформе 1С:Предприятие.
Ключевые слова: программный продукт, сервис, ассистент, UX/UI-дизайн, человеко-ориентированный подход.

Введение

В настоящее время все больше ручного труда замещается автоматизацией. Прогресс программного обеспечения направлен в сторону наименьшего количества действий со стороны пользователя для одной и той же цели. Однако, производственные процессы усложняются, информационные системы становятся более функционально насыщенными, что делает их непростыми в освоении и эксплуатации. Человеко-ориентированный подход к проектированию требует от разработчиков обновления информационных систем, чтобы сделать их более удобными, с дружелюбным интерфейсом и адаптивными под запросы пользователей. Особенно это важно в условиях перехода с импортного на российское программное обеспечение, поскольку такая смена вызывает дополнительную нагрузку, связанную с освоением программного продукта, на персонал организаций, вызывает потери рабочего времени, снижает производительность труда, влияя на эффективность производственных процессов в целом. В этой связи важно при обновлении программной среды в том числе предусмотреть внедрение современных модулей, нацеленных на улучшение эксплуатационных характеристик информационной системы. Одним из таких инструментов может стать голосовой робот-помощник (ассистент). Такой инструмент представляет собой программное обеспечение, которое позволяет пользователю взаимодействовать с информационной системой, например, 1С:Предприятие, через голосовые команды. Это значительно упрощает процесс работы с информационной системой, так как пользователю не нужно тратить время на ввод команд вручную.

Целью исследований является разработка функциональных требований для проектирования голосового робота-помощника (ассистента) с целью достижения более доступного и удобного освоения прикладного программного обеспечения в организациях.

1. Постановка задачи

В чем необходимость создания голосового ассистента для систем на платформе 1С: Предприятие? При использовании таких сложных и многофункциональных информационных систем, как ERP, возникает две взаимосвязанные проблемы: наполнение и доступ. Корпоративные информационные системы класса ERP формировались с расчетом на то, что они смогут покрыть как можно более полно потребность в информационной поддержке бизнес-процессов компании вне зависимости от вида ее деятельности. Из-за многофункциональности системы возникает сложность доступа ко многим модулям системы, трудности для новых сотрудников в освоении интерфейса. Так, например, если потребовалось найти конкретный документ, заголовок которого в системе «1С: Предприятие» не будет выделен жирным шрифтом, пользователь может потратить достаточно много времени на его поиски. Или другой пример, если надо сформировать отчет по складу, часто возникает проблема определения маршрута, формирования списка согласования и пр. Если будет уменьшено количество нажатий пользователя для получения нужной информации, но в уже устоявшихся системах подобные изменения будут затратны. И чем проще информационная система в эксплуатации, тем меньших ошибок можно избежать. Эти и другие проблемы можно избежать, если учесть при проектировании или обновлении информационной системы функциональности, делающие использование подобных систем удобнее и доступнее. Таким инструментом может стать применение голосового помощника для пользователей. Он может предоставлять такие функции в ERP, как просмотр остатков по счетам, формирование отчетов, управление задачами и напоминаниями, доступ к базе знаний и документации, а также выполнение других операций с помощью голосовых команд, что может значительно упростить рабочие процессы и повысить эффективность работы с системой. В данном случае голосовой помощник

В последние годы значительное внимание уделяется улучшению пользовательского опыта (UX) и интерфейса (UI). Перед разработчиками в том числе ставится непростая задача объединения разрозненных запросов, а подчас и программных модулей в один гармоничный и комфортный для работы пользователей интерфейс. Это влечёт за собой сложность постоянной ручной доработки системы, сопровождающейся многократными тестированиями с конечными пользователями. UX/UI-дизайн основывается на опыте пользователя, то есть на совокупности его действий и решений. Дизайн-объект, в данном случае интерфейс программного продукта, представляет собой совокупность определённых

элементов, отличающихся по своему характеру и предназначению. Ещё до момента вывода интерфейса программного продукта в промышленную эксплуатацию необходимо на этапе аналитики выявлять сильные и слабые стороны, преимущества и недостатки прототипа. Стоит отметить, что UX/UI-дизайн является сложной научной дисциплиной со множеством аспектов, разделов и вопросов, каждый из которых неразрывно связан с большим количеством дисциплин: психология, композиция, эстетика и др.

Обосновать потребность в голосовом помощнике можно следующим образом:

1. Удобство использования (принцип UX/UI-дизайна). Голосовой помощник позволит пользователям взаимодействовать с системой без клавиатуры или мыши. Это особенно удобно для сотрудников, занимающихся работой с оборудованием или находящихся в производственной среде, где доступ к компьютеру ограничен.

2. Ускорение рабочих процессов. Голосовой помощник позволит быстро получать нужную информацию и выполнять операции, не отвлекаясь на поиск нужных функций в интерфейсе системы. Это сократит время на выполнение задач и повысит производительность работы.

3. Улучшение доступности (принцип UX/UI-дизайна). Голосовой помощник облегчит взаимодействие с программным продуктом пользователей с ограниченными физическими возможностями или низким уровнем технической грамотности. Он сделает работу с информационной системой более понятной и доступной для всех категорий пользователей.

4. Инновационность. Внедрение голосового помощника в рабочий процесс будет считаться инновационным шагом, что создаст благоприятную среду для работы сотрудников и клиентов.

2. Формирование требований к голосовому роботу-помощнику

Принцип работы голосового робота-помощника основан на событиях триггерах. Пользователь подает запрос голосом, если такой запрос был обнаружен, то выполняется блок ответа. Если говорить о программных решениях на платформе 1С, у голосового помощника могут быть различные задачи, начиная от заполнения отчетов до формирования простейший заказов. В зависимости от потребностей и задач компании функционал может различаться. Приведем основные функциональные требования для такого приложения:

1) Понимание естественного языка: поскольку команды роботу будут даваться с использованием устной речи, программа должна быть способна понимать речь человека, для этого нужна предобученная модель.

2) Автоматическое распознавание речи (ASR). Робот должен иметь возможность конвертации звука в цифровой формат и работать с ним. Для выполнения данного требования понадобится специализированная библиотека на языке Python.

3) Синтез речи (TTS). Не все ответы, которые нужно давать программе, могут быть озвучены, но, если запрос может быть сформулирован простой фразой, к примеру: «На вашем счете N рублей» или «На складе «Имя склада в базе» нет товаров», тогда озвучивание синтетическим голосом может иметь смысл.

4) Предопределенные команды. В обращении к роботу можно использовать заранее подготовленные запросы, такие как: «Сформируй отчет», «Сколько товаров лежит на складе …», «Когда был последний заказ материалов?». Набор голосовых фраз может отличаться в зависимости от стадии разработки робота, на более поздних этапах развития могут быть команды по типу: «От поставщика … поступили товары … на склад … Проведи операцию». Подобные команды будут считаться сложными, а потому необходимы будут проверки заполнения данных.

5) Интеграция робота с различными модулями и сервисами информационной системы для лучшего взаимодействия с ними, включая CRM, SCM и другие, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие с ними.

6) Права доступа на основе идентификации. В случае получения информации от неавторизованного пользователя, ассистент выдаст сообщение об отказе в доступе.

7) Мультимодальность. Ассистент осуществляет поддержку через голос и текстовые запросы. Подобная особенность поможет при уточнении важной информации или для поиска конкретного элемента в базе.

8) Улучшение. Робот не должен стоять в развитии. Должна быть возможность добавления новых функций или новых точек доступа. Также, при добавлении новых документов стоит включать и возможность запроса к ним.

9) Мультиканальность. Робот должен иметь возможность работать с несколькими базами данных. Пользователь может контекстно выбирать, к какой базе он обращается, а потом голосом задавать вопрос роботу.

Рассмотрим сложность и приоритет реализации каждого требования из списка. В качестве оценки возьмем 10 бальную систему, где 1 – низкий приоритет/низкая сложность, 10 – высокий приоритет/высокая сложность. В результате экспертного опроса сформулированы приоритетные функциональные, дополнительные и нефункциональные требования к программе (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Требования к программному модулю с выделением сложности и приоритетности (фрагмент)

Наименование требования	Приоритет	Сложность
Понимание естественного языка	10	2
Автоматическое распознавание речи (ASR)	10	2
Синтез речи (TTS)	5	6
Предопределенные команды	9	4
Интеграция с системами и сервисами	7	4
Права доступа	9	4-8
Мультимодальность	8	2
Улучшение	1	10
Мультиканальность	4	6
Требование к сохранению данных	8	1
Требование к перепроверки важных данных	7	2
Требование к работе с интеграциями	8	4-7
Переадресация сообщения	9	2

Рисунок 1. Значимость критериев

Наиболее значимыми критериями являются «Интеграция с существующей системой», «Гибкость настройки под бизнес-задачи», «Стоимость доработки», «Интеграция с существующей системой».

Для проектирования робота помощника важно рассмотреть процесс взаимодействия пользователя с программой. В зависимости от уровня допуска будет доступен разный спектр возможностей. Поскольку не у каждого пользователя программы есть допуск ко всем базам, сам выбор зависит от регистрации пользователя. После регистрации пользователь может поменять базу к которой есть доступ у робота и взаимодействовать с ней согласно его правам допуска. Такие права выдает программист-разработчик при формировании настроек white-list. В отличие от обычных пользователей у программиста-разработчика нет полного доступа к общей информации о состоянии компании.

Процесс представлен на рис. 2-3.

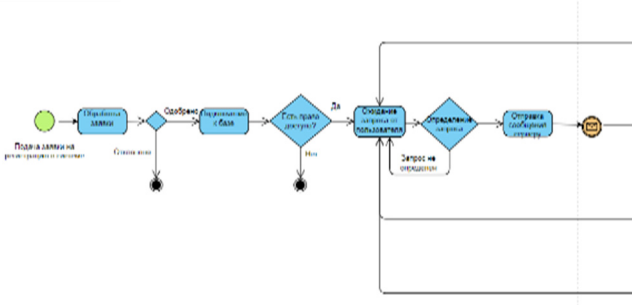


Рисунок 2. Процесс взаимодействия с роботом-помощником (часть 1)

В начале пользователь должен пройти регистрацию. Данная регистрация проходится отдельно от программы, а после в неё выполняется вход согласно установленным данным пользователя. Далее пользователю устанавливается список доступных баз, из которых он будет выбирать подходящую для текущего запроса. На данном этапе пользователь может выбирать настройки запроса: 1) Какую базу выбрать, 2) куда направить ответ, 3) Поместить ответ в файл или отправить текстом. Данные параметры имеют предопределенные значения. Параметр 1 – пуст и

требует обязательный выбор пользователя, Параметр 2 – отправлять в диалоговое окно с пользователем. Параметр 3 – отправлять текстом. После программа ожидает ввода голосового либо текстового сообщения.

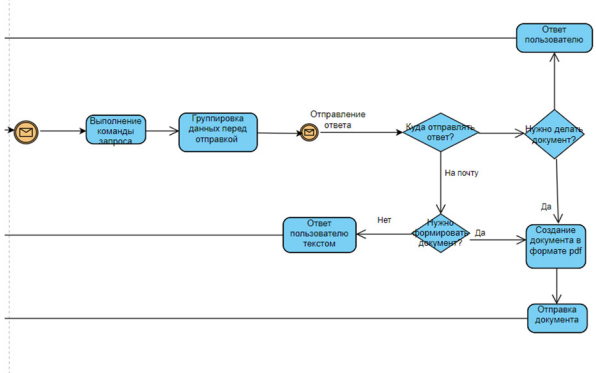


Рисунок 3. Процесс взаимодействия с роботом-помощником (часть 2)

Если при обработке сообщения программа не смогла распознать команду в речи, то на данном этапе будет выведено сообщение об ошибке распознавания. Если команда была найдена, то распознанное сообщение будет отправлено на сервер выбранной базы. Сервер, получая команду, состоящую из строгой последовательности команд, находит такую команду в прописанных. Параметры системы передаются внутри последовательности, потому серверу остается только выполнить запрос к базе и передать обратно ответ. После обработки ответа с сервера программа, согласно настройкам вывода, отправляет пользователю ответ. По окончанию данного ряда действий робот-помощник переходит к ожиданию новых команд.

Заключение

Голосовые ассистенты служат для удобства пользователя при взаимодействии с программными продуктами. Сформулированы функциональные требования к проектированию голосового помощника, позволяющего совершенствовать работу пользователя информационной системы. Разработка голосового робота-помощника для систем на платформе 1С:Предприятие является сложной задачей, требующей глубоких знаний не только в области программирования, но и в понимании принципов UX/UI-дизайна.

Литература

1. Verma K., Bhardwaj S., Arya R., UL Islam M.S., Bhushan M., Kumar A., Samant P. Latest Tools for Data Mining and Machine Learning // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019. Vol. 8, Is.9S. doi: 10.35940/ijitee.I1003.0789S19

2. Friedler S.A., Roy Ch.D., Scheidegger C., Slack D. Assessing the Local Interpretability of Machine Learning Models. arXiv preprint arXiv:1902.03501, 2019. URL: https: //arxiv.org/pdf/1902.03501.pdf. (дата обращения 3.09.2023).

3. Kolomeitceva T.S. Advantages and limitations of applying alice voice assistant in teaching russian as a foreign language // Synergy of Languages & Cultures 2023: Interdisciplinary Studies. collection of articles. Saint-Petersburg. 2024. С. 184-194.

4. Васильева Е.В. UX-дизайн: принципы проектирования цифровых продуктов, ориентированных на человека // Экономика строительства. 2025. №5. С. 327-329.

5. Кшнякина А.К., Жикулина К.П. Лингвокультурные особенности голосового помощника «Алиса» на примере темы табу России и Казахстана // Филология: научные исследования. 2026. № 1. С. 96-121.

6. Левшенкова А. А. Сервис гарантийный и послегарантийный // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2020. Том 14. № 2. С. 166-174.

7. Убаева Ж.К., Акбалин Е.Р. Совершенствование использования голосовых помощников на основе нейронных сетей для обучения прикладному программированию // Интернаука. 2026. № 1-1 (412). С. 21-22.

Functional requirements for designing a voice assistant robot for use in an information system

Vasilev M.S.
International Law Institute

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Developing a voice assistant robot for information products on the 1C platform is a complex task that requires deep knowledge of programming and UX design. However, with the help of modern technologies and methods, it is possible to create an effective voice assistant that can perform a wide range of tasks. This paper discusses the principles of developing a voice assistant robot for systems on the 1C:Enterprise platform.

Keywords: software product, service, assistant, UX/UI design, human-centered approach.

References

1. Verma K., Bhardwaj S., Arya R., UL Islam M.S., Bhushan M., Kumar A., Samant P. Latest Tools for Data Mining and Machine Learning // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019. Vol. 8, Is.9S. doi: 10.35940/ijitee.I1003.0789S19

2. Friedler S.A., Roy Ch.D., Scheidegger C., Slack D. Assessing the Local Interpretability of Machine Learning Models. arXiv preprint arXiv:1902.03501, 2019. URL: https: //arxiv.org/pdf/1902.03501.pdf. (access date 09/03/2023).

3. Kolomeitceva T.S. Advantages and limitations of using Alice voice assistant in teaching Russian as a foreign language //
Synergy of Languages & Cultures 2023: Interdisciplinary Studies. collection of articles. Saint Petersburg. 2024. pp. 184-194.

4. Vasilyeva E.V. UX design: principles of designing human-centered digital products // Construction Economics. 2025. No. 5. pp. 327-329.

5. Kshnyakina A.K., Zhikulina K.P. Linguocultural features of the voice assistant "Alice" using the example of the topic of taboos in Russia and Kazakhstan //
Philology: scientific research. 2026. No. 1. pp. 96-121.

6. Levshenkova A.A. Warranty and post-warranty service // Bulletin of the Association of Universities of Tourism and Service. 2020. Vol. 14. No. 2. Pp. 166-174.

7. Ubaeva Zh.K., Akbalin E.R. Improving the Use of Voice Assistants Based on Neural Networks for Teaching Applied Programming // Internauka. 2026. No. 1-1 (412). Pp. 21-22.

К вопросу о миграции данных в условиях перехода программных модулей на отечественную платформу

Васильев Максим Сергеевич
заместитель начальника управления информатизации и информационно-технологического сопровождения образовательной деятельности, Международный Юридический Институт, znui@lawinst.ru

В статье показаны особенности миграции одного из программных модулей ERP-системы на отечественную платформу. Проведен анализ рынка систем управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования (ТОиР) в России. Показана специфика данного модуля. Дан обзор отечественных и зарубежных решений для управления активами, ТОиР, мобильными командами. Выделены этапы перехода из SAP на платформу 1С. Перечислены проблемы перехода модулей SAP ERP на отечественную платформу.
Ключевые слова: программный продукт, управление ремонтом, миграция, ERP, импортозамещение, 1С.

Введение

В марте 2022 года генеральный директор компании SAP сообщил о приостановке продаж в России и Белоруссии, а уже 19 апреля того же года - о прекращении продаж и старте сворачивания облачных услуг на российском рынке. В тот момент перед российскими компаниями, которые до этого пользовались продуктами данного западного вендора, встал вопрос об экстренном переносе на альтернативы. Следует отметить, что SAP представлял на российском рынке обширную линейку программных продуктов. Так, последние 20 лет этот западный вендор успешно внедрял ERP-систему (систему управления ресурсами предприятия) на крупных российских предприятиях нефтегазового комплекса, металлургии, машиностроения, занимая ежегодна 50% всего российского рынка ERP [1].

Среди компаний, которые внедрили SAP ERP можно выделить такие как: Северсталь, Аэрофлот, Норильский никель, Интергаз Центральная Азия, ЛУКОЙЛ, Мозырский НПЗ, Салаватнефтеоргсин- тез, Сургутгазпром, Сургутнефтегаз, Татнефть, Шымкентнефтеорг-синтез, Сибирско-Уральская алюминиевая компания, Сыктывкарский ЛПК, Ямалгазинвест (mySAP ERP HCM), Московский метрополитен.

В России тема импортозамещения стала актуальной, начиная с 2014 г. Наибольшие сдвиги в этой части стали заметны уже в 2018 г. Приоритетным переходом были импортонезависимость предприятий стратегического значения. Одними из первых замещенными системами были программные решения от американской компании Oracle. Однако, быстрый переход на отечественные программные продукты затруднен не только экономическими барьерами, поскольку данные решение дорогостоящие с точки зрения разработки и обеспечивают выполнение большого количества производственных задач, создавая по сути виртуальную проекцию предприятия, но также и недостаточной подготовленности с точки зрения технических характеристик отечественных платформ.

Сегодня на российском рынке единственной заменой программным модулям ERP-системы SAP является решения от компании 1С. 1С предоставляет наибольший функционал на рынке, необходимый компаниям, которые использовали SAP. Сейчас проводятся активные меры по миграции компании из SAP в 1С. В том числе одними из первых осуществляются проекты переносы программных модулей на системы ТОиР, ERP: Управление холдингом, ERP: Управление предприятием.

Особенности переноса программного модуля управления ремонтами на отечественную платформу

Комплекс модулей, входящих в SAP ERP, способствуют поддержке разнообразных бизнес-процессов организации и осуществляют взаимодействие между собой в реальном времени. В состав SAP ERP входят следующие ключевые модули:

- Финансы (FI), который занимается организацией основной и вспомогательной бухгалтерии, включая Главную книгу, учет дебиторов и кредиторов, финансовое управление и другие функции.
- Контроллинг (CO), предназначенный для управления затратами и доходами предприятия, включает учет затрат, контроль прибыльности и другие возможности.
- Управление основными средствами (AM) обеспечивает учет и управление основными средствами, включая техническое обслуживание и контроль инвестиций.
- Управление проектами (PS) поддерживает комплексное управление сложными проектами, контроль ресурсов и качества.
- Производственное планирование (PP) ориентировано на организацию и контроль производственных процессов, включая планирование потребностей в материалах и управление производством.
- Управление материальными потоками (MM) охватывает закупки, управление запасами и складами, а также другие аспекты снабжения.
- Сбыт (SD) отвечает за дистрибуцию, продажи, поставки и выставление счетов, поддерживая предпродажную поддержку и обработку заказов.
- Управление качеством (QM) включает систему управления и контроля качества, планирование и проверку качества продукции.
- Техобслуживание и ремонт оборудования (PM) помогает планировать и контролировать затраты на обслуживание и ремонт.
- Управление персоналом (HR) представляет собой интегрированную систему управления персоналом, включая администрирование, обучение и развитие.

- Управление информационными потоками (WF) связывает прикладные модули с общими технологиями и инструментами, автоматизируя бизнес-процессы.

- Отраслевые решения (IS) предлагают специализированные функциональные возможности для различных отраслей.

- Базисная система обеспечивает основу для SAP, гарантируя интеграцию всех модулей и независимость от аппаратной платформы, поддерживая работу в многоуровневой архитектуре клиент-сервер.

Управление ремонтами – специфическая деятельность предприятия, нацеленная на поддержание оборудования в рабочем состоянии и сокращении времени на его простоев из-за поломок. Связанные с этой деятельностью понесенные затраты на техническое обслуживание, ремонт, нормативы, ведение сметы происходит, как правило, частично в электронных таблицах MS Excel и даже вручную.

Для производственной компании модуль управления ремонтом, он же система ТОиР, представляет важное значение. В случае, когда на предприятии может выйти из строя оборудование, система автоматически создает набор документов (отчетность), в которой указанный дефект отражен и занесен в общую систему. Помимо видимых повреждений, оборудование должно проходить плановые осмотры, плановые замены деталей или полное обновление. Система ТОиР поддерживает такую структуру.

На российском рынке в крупных компаниях достаточно редко внедряются специализированные решения управления ремонтами. Как правило, используют ERP системы. Также существует практика по созданию собственных решений, заточенных под нужды организаций и их бизнес-процессы. Тем не менее на рынке программных продуктов есть множество систем управления техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) от разных поставщиков, в том числе реализуемые как FSM-платформа (Field Service Management – управление выездным обслуживанием), где акцент сделан на контроль местоположения сотрудников и их загруженности, качества исполнения задач, сроков и наличия (частоты) повторных обращений, платформы для учета работа по обслуживанию инженерной инфраструктуры, зданий, сооружений и иных активов, управления активами (EAM, Enterprise Asset Management).

Сравнение систем сервисного обслуживания, обеспечивающая управление техническим обслуживанием и ремонтом, дано в табл. 1.

Продукты SAP, как правило, внедряли крупнейшие российские компании. Для управления корпоративными активами (EAM) и оборудованием применялась система SAP Asset Manager, сбора и отслеживания информации об оборудовании с использованием центрального хранилища данных – SAP Asset Intelligence Network, управления процессами ТОиР, с внедрением концепции Промышленного интернета вещей IIoT – SAP Predictive Maintenance and Service, для процессов гарантийного обслуживания – модуль SAP PM (Обработка гарантийных претензий).

Таблица 1

Сравнение систем автоматизации управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (ТОиР)

Название ПО	Поставщик	Описание
Planny24	**Си Проект**	онлайн-платформа управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования, инженерной инфраструктуры, зданий, сооружений и иных активов [7, 8]
Ellipse EAM	**Hitachi Vantara**	корпоративный онлайн-сервис EAM, управления и планирования ресурсов в ресурсоемких отраслях экономики [9]
1С:ТОИР	**Деснол Софт**	Цифровизация процессов EAM, управление ТОиР
IBS EAM	ИБС Экспертиза (ТМ IBS)	цифровизации процессов ТОиР в составе решений 1С:ERP и 1С:ERP. Управление холдингом
АСУ "КСУТО-ПРО" КСУТО	**Шифтапп**	Комплексная Система Управления Техническим Обслуживанием зданий и оборудования
AMOS Maintenance and Procurement	**SpecTec**	управление ТОиР, затратами МТР, контроля запасов и закупок ЗИП
TRIM	**СпецТек**	EAM, управление ТОиР
АСУРЭО	**СМС-Информационные технологии**	управление ТОиР
ОПТИМУМ СУМС	СиДиСи Группа	информационная поддержка мобильного персонала при ТОиР
мТОиР	Ант-ЦС	автоматизация работы мобильных исполнителей заказов ТОиР (мобильное решение)
SAP Predictive Maintenance and Service	SAP SE	программная система, повышающая эффективность процессов ТОиР в компании, реализуя современные концепции Промышленного интернета вещей (IIoT) и Цифровизации [9]
Аксиома	Интерпроком	управления непрерывностью производства за счёт повышения коэффициента надёжности и сокращения простоев
IBM Maximo	IBM	EAM
F5 EAM	M5 (TM Factory5)	ТОиР
HxGN EAM (ранее Infor EAM)	Hexagon AB	система для управления основными средствами предприятия с цифровизацией процессов ТОиР [9]
Fiix	Rockwell Automation	ТОиР различных отраслях промышленности с ориентацией на простоту использования
Oracle eAM	Oracle Corporation	комплексное планирование, отслеживание и выполнение работ по ТОиР для поддержки оптимального использования активов
Global-EAM	Бизнес Технологии	отечественный программный продукт для управления ТОиР и информационного обеспечения технических работ
робоТОиР	Флоуком Облачные решения	онлайн-сервис для решения основных задач информационной поддержки, планирования и контроля технического обслуживания и ремонта основных фондов предприятия
openMAINT	Tecnoteca	программное решение с открытым исходным кодом для управления зданиями, оборудованием, движимыми активами и связанными с ними работами по ТОиР
F5 PMM	M5 (TM Factory5)	система для мониторинга, диагностики и прогноза технического состояния оборудования, помогающая заблаговременно обнаружить дефекты и снизить внеплановые простои
Галактика EAM	Корпорация Галактика	EAM
NERPA EAM	**Новософт развитие**	EAM, система управления основными фондами предприятия, ТОиР
EAMcloud	**Лямбда**	управление ТОиР в облаке
HubEx	Смарт-Сервис	FSM-платформа, онлайн-сервис управления сервисным обслуживанием
Планадо	Планадо	облачный интернет-сервис для управления сервисными работами и мобильными сотрудниками с GPS-контролем
DM.ТОИР	**Сканпорт**	мобильное приложение для контроля состояния активов (устройств, транспорта, сооружений, инструментов, инвентаря) и работы сотрудников сервисных служб

Источник: По материалам [7-9].

1С – одна из крупнейших компаний по созданию различных ИТ-решений для автоматизации деятельности организаций в России. В типовой конфигурации «1С:ERP Управление предприятием 2» есть множество функций, включая учетную систему, CRM, управление сервисным центром, запасами и складом, снабжением и закупками, производством, продажи и пр. «1С:RCM Управление надежностью» от Деснол Софт позволяет управлять активами предприятия. Также есть отдельная конфигурация системы, которая выполняет функции только по поддержке ремонтной деятельностью – ТОиР.

Каждая компания, ранее пользующаяся SAP ERP, проходит через миграцию системы на платформу 1С и, в зависимости от наполненности базы, этот процесс может занимать длительное время. Этапы перехода приведены на рис. 1.

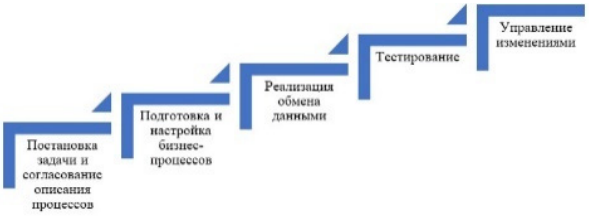


Рисунок 1. Этапы перехода из SAP на платформу 1С. Источник: По материалам ресурса sovetnik1c.

Для лучшего понимания «экстренного» переноса с SAP на 1С приведем пример формирования документа «смета ремонта». Документ «смета ремонта» предназначен для фиксации затрат на возможные операции, связанные с ремонтом. Для миграции данных с программного модуля SAP на 1С был запущен следующий механизм:

1. Выгружены необходимые для документов ТОиР данные в шаблон, подготовленный в формате excel. На основе этих данных сформированы следующие обязательные документы:

1) Документ основания.

2) Смета ремонта, состоящая из объекта ремонта, ремонтных работ и материалов для их осуществления. Для ремонтной работы может быть от 0 до неограниченного количества материалов.

3) Документ потребления материалов со склада. Не создается, если материалов 0. В ином случае создается в единственном экземпляре для всех затраченных материалов из документа. Запись о потреблении находится в регистре накопления.

Поскольку номера документов формируются автоматически, для удобства управления документами было принято решение продублировать номера из SAP в раздел комментариев. Таким образом, пользователь, ранее работавший в системе SAP, сможет быстро адаптироваться к новому ПО и не потеряет старые документы.

В информационных системах от SAP и 1С имеется определенное сходство реализации программных опций ТОиР в различных средах. Благодаря данному сходству, переход для сотрудников будет максимально незаметным. В 1С сохраняются все основные структуры ERP, которые необходимы для работы. В основном изменяется порядковая система документов, методы их взаимодействия, упрощается создание новых документов на основе старых.

Выделим проблемы перехода модулей SAP ERP на отечественную платформу. Это: сложность программной реализации задач, реализуемых в западной системе, высокие понесенные затраты при внедрении западного продукта, недостаточная техническая подготовленность отечественной платформы. Но тем не менее существенные риски потери данных заставляют российские предприятия в кратчайшие сроки перейти на отечественные решения. В том числе есть проектные риски, связанные с потерями организации из-за того, что уже отлаженная информационная система будет выведена из строя, а значит часть бизнес-процессов останется на определенный период без информационной поддержки. Также смена программного решения может отразиться на производительности персонала, которому нужно будет в короткие сроки быстро обучиться новому интерфейсу, с ущербом для выполнения производственных задач и пр.

Стоит понимать, что модуль ТОиР 1С – это замена только одному программному решению управления ремонтом, а для замены всех модулей понадобится время. Приблизительные сроки перехода для данного модуля составляют от 3 до 8 месяцев.

Литература

1. Корпоративные системы управления ресурсами : учебное пособие / Е.В. Васильева, А.А. Громова. — Москва : КНОРУС, 2023. — 194 с.
2. Васильева Е.В. UX-дизайн: принципы проектирования цифровых продуктов, ориентированных на человека // Экономика строительства. 2025. №5. С. 327-329.
3. Kolomeitceva T.S. Advantages and limitations of applying alice voice assistant in teaching russian as a foreign language // Synergy of Languages & Cultures 2023: Interdisciplinary Studies. collection of articles. Saint-Petersburg. 2024. С. 184-194.
4. Кшнякина А.К., Жикулина К.П. Лингвокультурные особенности голосового помощника «Алиса» на примере темы табу России и Казахстана // Филология: научные исследования. 2026. № 1. С. 96-121.
5. Левшенкова А. А. Сервис гарантийный и послегарантийный // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2020. Том 14. № 2. С. 166-174.
6. Убаева Ж.К., Акбалин Е.Р. Совершенствование использования голосовых помощников на основе нейронных сетей для обучения прикладному программированию // Интернаука. 2026. № 11 (412). С. 21-22.
7. 1С:ТОИР: Аналоги и Альтернативы – 2024. URL: soware.ru (дата обращения 15.06.2026).
8. Аналоги системы 1С:ТОИР. URL: https://soware.ru/products/1c-toir/alternatives (дата обращения 15.06.2026).
9. Сравнение Системы управления техническим обслуживанием и ремонтом (СУ ТОиР). URL: https://soware.ru/categories/maintenance-management-systems (дата обращения 15.06.2026).

On the issue of data migration in the context of transferring software modules to a domestic platform

Vasilev M.S.

International Law Institute

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article shows the features of the migration of one of the software modules of the ERP system to the domestic platform. The analysis of the market of repair and maintenance management systems for equipment (MRO) in Russia is carried out. The specifics of this module are shown. An overview of domestic and foreign solutions for asset management, MRO, mobile teams is given. The stages of the transition from SAP to the 1C platform are highlighted. The problems of transferring SAP ERP modules to a domestic platform are listed.

Keywords: software product, migration, repair management, ERP, import substitution, 1C.

References

1. Corporate Resource Management Systems: A Textbook / E.V. Vasilyeva, A.A. Gromova. — Moscow: KNORUS, 2023. — 194 p.
2. Vasileva, E.V. UX-Design: Principles of Designing Human-Centered Digital Products // Economics of Construction. 2025. No. 5. Pp. 327-329.
3. Kolomeitseva T.S. Advantages and Limitations of Using the Voice Assistant Alice in Teaching Russian as a Foreign Language // Synergy of Languages and Cultures 2023: Interdisciplinary Research. Collection of Articles. Saint Petersburg. 2024. Pp. 184-194.
4. Kshnyakina A.K., Zhikulina K.P. Linguocultural Features of the Voice Assistant "Alisa" on the Example of the Taboo Theme of Russia and Kazakhstan // Philology: Scientific Research. 2026. No. 1. Pp. 96-121.
5. Levshenkova A. A. Service Guaranteed and Post-Guaranteed // Bulletin of the Association of Universities of Tourism and Service. 2020. Vol. 14. No. 2. Pp. 166-174.
6. Ubaeva Zh.K., Akbalin E.R. Improvement of the use of voice assistants based on neural networks for teaching applied programming // Internauka. 2026. No. 11 (412). Pp. 21-22.
7. 1C:TOIR: Analogues and Alternatives – 2024. URL: soware.ru (accessed on 15.06.2026).
8. Analogues of the 1C:TOIR system. URL: https://soware.ru/products/1c-toir/alternatives (accessed on 15.06.2026).
9. Comparison of the Maintenance and Repair Management System (MMS). URL: https://soware.ru/categories/maintenance-management-systems (accessed on 15.06.2026).

Ресурсно-экологические проблемы обогащения оловянно-полиметаллических руд в Хабаровском крае и пути их решения

Волосникова Галина Александровна
канд. техн. наук, доц., доцент Высшей школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 004181@ togudv.ru,

Золотов Алексей Маркович
студент, Высшая школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 2021102698@ togudv.ru

Представлен анализ ресурсно-экологических проблем обогащения оловянно-полиметаллических руд в Хабаровском крае, с акцентом на изучение отходов обогащения Солнечного горно-обогатительного комбината как техногенного источника минерального сырья. Показано, что современная экологическая ситуация в районе расположения предприятия характеризуется высоким уровнем техногенного воздействия, обусловленным многолетним накоплением отходов обогащения. Собраны и систематизированы литературные и эксплуатационные данные по вещественному составу руд и хвостов Солнечного ГОКа. Выполнен сравнительный анализ существующих технологий обогащения оловянно-полиметаллического сырья (первичного и техногенного), выявлены основные технологические ограничения. По результатам расчета коэффициентов опасности компонентов хвосты обогащения оловянно-полиметаллических руд отнесены к IV классу опасности (малоопасные). Для доизвлечения олова и сопутствующих компонентов из лежалых песков и снижения негативного воздействия на окружающую среду предложена интегрированная гравитационно-флотационная технология с механоактивационным измельчением. Экономический анализ показал высокую рентабельность продаж, но отрицательный чистый дисконтированный доход при текущих ценах на олово. Обоснована необходимость государственной поддержки и комплексного извлечения попутных металлов для обеспечения экономической приемлемости проекта при безусловной экологической целесообразности.

Ключевые слова: технологическая схема обогащения, рудные минералы, оловянный концентрат, отходы переработки минерального сырья, хвостохранилище, класс опасности отходов, ресурсно-экологические проблемы, техногенные месторождения, наилучшие доступные технологии, эколого-экономическая эффективность.

Введение и постановка проблемы

В последние десятилетия производство олова обретает новые импульсы развития, обусловленные стремительным ростом электронной промышленности и возрастающим спросом на стратегические металлы. Вместе с тем, горнодобывающие предприятия, особенно в давно освоенных регионах, сталкиваются с острым дефицитом разведанных запасов и недостаточностью ресурсного резерва на эксплуатируемых месторождениях. Это вынуждает вовлекать в переработку руды с больших глубин при сложных горно-геологических условиях, что закономерно повышает себестоимость конечной продукции. На территории Российской Федерации основные запасы олова (2,26 млн т, или 95 %) сосредоточены в Дальневосточном федеральном округе – преимущественно в Приморском и Хабаровском краях, а также в Республике Саха (Якутия) [1]. Одним из наиболее перспективных комплексных объектов является Правоурмийское месторождение в Верхнебуреинском районе Хабаровского края, разрабатываемое для извлечения олова, вольфрама, меди и ряда редких (стратегических) металлов [2].

Современная технология обогащения оловянных руд базируется на сложных многостадийных гравитационно-флотационных схемах с элементами магнитной и электромагнитной сепарации. Оловосодержащие руды отличаются комплексностью: помимо олова, они содержат медь, цинк, свинец, висмут, вольфрам и другие ценные компоненты. Основной промышленный минерал – касситерит (содержание Sn около 78,8 %) – обладает высокой плотностью, что делает его пригодным для гравитационного обогащения. Однако исходное содержание олова в перерабатываемых рудах невелико (0,4–0,8 %), а хрупкость касситерита приводит к его переизмельчению и переходу до 30 % металла в тонкий шлам (класс –0,071 мм), слабо поддающийся традиционным методам обогащения [3].

Технологическая сложность переработки и исторически сложившиеся подходы к добыче обусловливают низкую эффективность использования минеральных ресурсов. Следствием этого является накопление значительных объемов отходов обогащения в хвостохранилищах, что создает серьезную экологическую нагрузку: деградация почвенного покрова, эрозия и заболачивание, уничтожение лесных массивов, загрязнение атмосферы, поверхностных и подземных вод, миграция тяжелых металлов по трофическим цепям [4]. Особую опасность представляет пыление хвостохранилищ, содержащих сульфидные минералы, что подтверждено исследованиями [5, 6].

В то же время многочисленными работами [7, 8, 9, 10] доказано, что хвостохранилища следует рассматривать как комплексные техногенные месторождения. В них сосредоточены десятки тысяч тонн Sn, Cu, Pb, Zn, Cd, In, Bi, Au, Ag при промышленных содержаниях. Преимущества таких объектов очевидны: они находятся на поверхности, в освоенных районах с развитой инфраструктурой, горная масса дезинтегрирована и не требует затратного дробления. Доизвлечение ценных компонентов из хвостов способно существенно повысить эффективность использования сырья и снизить зависимость от первичных руд.

Хабаровский край признан единственным регионом России с реальными перспективами развития оловорудной промышленности, здесь сосредоточено около 20 % месторождений металла [11, 12]. Ключевым объектом является Солнечное касситерит-силикатно-сульфидное месторождение в Комсомольском оловорудном районе. В настоящее время ПАО «Русолово» ведет добычу на месторождениях Фестивальное и Перевальное с переработкой на Солнечной обогатительной фабрике (СОФ). Существующая технологическая схема включает дробление, измельчение, гравитацию, флотацию и магнитную сепарацию, обеспечивая извлечение олова до 70 % (на концентрационных столах СК-22), железа – 50–60 %, а также получение полиметаллического (Pb, Zn, Cu) концентрата. Несмотря на применение современного оборудования (шаровые мельницы МШЦ-3600×4500, флотомашины ФМ-6/12), технология характеризуется системными недостатками: значительные потери олова в хвостах (0,1–0,2 %, что при масштабах переработки соответствует крупным недополученным объемам металла); низкая эффективность флотации тонких классов; отсутствие замкнутых циклов водо- и реагентопользования.

На территории Солнечного горно-обогатительного комбината (ГОК) сформированы три крупных хвостохранилища, аккумулировавших отходы обогащения руд пяти месторождений за весь период работы Центральной и Солнечной обогатительных фабрик (ЦОФ и СОФ) [11, 12]. Как показано в работе М. С. Кирильчука с соавторами [3], к технологии обогащения оловянных руд предъявляются два противоречивых

требования: максимальное раскрытие ценного минерала при минимальном переизмельчении и ошламовании. Вследствие хрупкости касситерита при дроблении до гравитационно обогатимого класса –0,2+0,071 мм неизбежно образование тонкого класса –0,071 мм, плохо извлекаемого традиционными методами. Таким образом, проблема заключается в необходимости разработки и внедрения таких технологических решений, которые позволили бы повысить полноту извлечения олова и сопутствующих металлов из труднообогатимых руд и техногенных отходов, снизить экологическую нагрузку на чувствительные экосистемы Приамурья и обеспечить устойчивое развитие горнопромышленного комплекса Хабаровского края. Решение этой задачи имеет высокий научный, технико-экономический и природоохранный потенциал.

Обзор ранее выполненных исследований

Современная экологическая ситуация в районе расположения Солнечного ГОКа характеризуется высоким уровнем техногенного воздействия, обусловленным многолетним накоплением отходов обогащения. Хвостохранилища выступают в качестве постоянного источника загрязнения компонентов окружающей среды, что негативно сказывается на состоянии местных экосистем и здоровье населения п. Солнечный (свыше 11 тыс. человек). В работе В. И. Усикова с соавторами [13] с применением ГИС-технологий построена схема воздушных потоков и рассеивания токсичной пыли с поверхности хвостохранилища. Расчеты показали, что ежегодный вынос токсичных песков с хвостохранилища ЦОФ составляет 2017 кг, причем основная масса осаждается в пределах четко очерченных по спутниковым снимкам ареалов, прилегающих к поселку. В качестве традиционной меры снижения негативного воздействия ранее рассматривалась рекультивация нарушенных земель, в том числе поверхности техногенных объектов. Однако в настоящее время приоритетным ресурсно-экологическим направлением признано изучение потенциала доизвлечения ценных компонентов из техногенных отходов с последующей разработкой экологически и экономически обоснованной технологии их переработки.

Многочисленными исследованиями подтверждено, что хвостохранилища Солнечного ГОКа обладают значительным минерально-сырьевым потенциалом. Лежалые пески хвостохранилищ содержат значительные остаточные концентрации Sn, Cu, Pb, Zn и других металлов, что обосновывает необходимость комплексной оценки прогнозных ресурсов. По данным геологомаркшейдерской службы комбината (2002 г.), приведенным в учебном пособии [1], среднее содержание олова в хвостах составляет 0,202 %, а запасы – 48,7 тыс. т. Более детальное минералого-геохимическое исследование лежалых песков [12] позволило подсчитать суммарные ориентировочные запасы полезных компонентов по 22 элементам, имеющим промышленную ценность. Прогнозные ресурсы олова по хвостохранилищам СОФ и ЦОФ оценены в 69 256,1 т. Согласно данным [8], в составе отходов присутствует общее олово (0,214 %) и кислоторастворимое олово (0,036 %), а доля сульфидов в лежалых песках СОФ достигает 5,22 %. Л. Т. Крупская с соавторами [7] приводят более масштабные оценки: в техногенных месторождениях закрытого предприятия «Солнечный ГОК» на площади 90,8 га накоплено свыше 41 млн т отходов. Основные полезные компоненты характеризуются следующими средними содержаниями и прогнозными запасами: олово – 0,181 % (56 413,7 т), свинец – 0,18 % (56 005,7 т), медь – 0,331 % (102 768,4 т), цинк – 0,160 % (49 762,8 т), вольфрам – 0,026 % (8177,8 т), висмут – 0,023 % (7080,4 т). Таким образом, хвостохранилища Солнечного ГОКа представляют собой комплексное техногенное месторождение с содержаниями, сопоставимыми с первичными рудами, что делает их рентабельным сырьем для переработки.

При обогащении оловянных руд и россыпей применяются гравитационно-флотационные, флотационно-гравитационные и обогатительно-металлургические технологические схемы. Для повышения полноты извлечения ценных компонентов дополнительно используются магнитная сепарация (удаление железосодержащих минералов) и флотация (извлечение тонковкрапленных сульфидов). Большинство исследователей сходятся во мнении, что наиболее эффективной является комбинированная технология, сочетающая гравитацию, флотацию и магнитную сепарацию.

Ключевым фактором, определяющим технологическую сложность обогащения, выступает минералогический состав руды. Согласно данным М. С. Кирильчука с соавторами [3], именно разнообразие минеральных форм и их срастаний определяет выбор методов обогащения. Авторами установлено, что одной из главных технологических проблем при обогащении оловянных руд является природная хрупкость касситерита, приводящая к его переизмельчению в класс –0,071 мм при дроблении до гравитационно обогатимого размера –0,2+0,071 мм. Применение стадиального дробления позволило уменьшить выход тонкого класса (–0,071+0,0 мм) на 21 % по сравнению с одноэтапным дроблением. Эти результаты имеют прямое значение для проектирования оптимальных режимов рудоподготовки при переработке как первичных руд, так и техногенных отходов.

В рамках поиска решений для максимального извлечения полезных компонентов при минимизации экологического риска проведен анализ наилучших доступных технологий (НДТ). К наиболее перспективным отнесены: механоактивационное измельчение в процессах обогащения техногенного оловосодержащего сырья; флотационная схема получения концентрата SnO_2 с высоким извлечением металла; коллективная схема получения черновых олово-медных концентратов; флотационно-магнитно-гравитационная схема перечистки концентратов. Все перечисленные подходы демонстрируют возможность доизвлечения нескольких металлов, снижение содержания токсичных примесей и экономическую целесообразность внедрения.

В работах Т. С. Юсупова с соавторами [14, 15] предложена флотационная технология, обеспечивающая извлечение олова до 79 %. Однако она ориентирована на универсальное техногенное оловосульфидное сырье. Значительный интерес представляет технология механоактивационного измельчения, разработанная Г. И. Газалеевой с соавторами [16] специально для хвостов Солнечного ГОКа. При сочетании гравитационного, флотационного и магнитного методов извлечение олова достигает примерно 50 %, что, с учетом низкого исходного содержания металла в хвостах, следует признать удовлетворительным, а сам результат – практически значимым. Важно подчеркнуть, что в перечисленных работах уделяется внимание не только технологическим, но и экологическим аспектам, а также оценке технической реализуемости предлагаемых решений в промышленных условиях.

Анализ литературных данных позволяет констатировать, что хвостохранилища Солнечного ГОКа обладают значительным невостребованным ресурсным потенциалом по ряду цветных и благородных металлов, сопоставимым с запасами эксплуатируемых месторождений. Основным препятствием для эффективного извлечения олова из тонких классов является переизмельчение хрупкого касситерита, что частично решается применением стадиального дробления и щадящих режимов измельчения. Наиболее обоснованными для переработки хвостов Солнечного ГОКа представляются комбинированные гравитационно-флотационно-магнитные схемы, в том числе с механоактивацией. Вместе с тем, в опубликованных работах отсутствует единая, апробированная в промышленном масштабе технология, обеспечивающая одновременно высокое извлечение олова и сопутствующих металлов из лежалых песков при приемлемых экономических и экологических показателях. Существующие исследования создают необходимую минералого-технологическую базу, однако задача разработки и обоснования комплексной ресурсно-экологической технологии переработки хвостов обогащения Солнечного ГОКа остается не полностью решенной, что определяет цель настоящей работы.

Материалы и методы

Теоретической основой работы послужили фундаментальные и прикладные исследования отечественных авторов в области переработки вторичных минеральных ресурсов техногенных месторождений, а также опыт внедрения современных технологий обогащения оловянно-полиметаллических руд на горнодобывающих предприятиях России. Методологически работа опирается на концепцию комплексного освоения недр и принципы наилучших доступных технологий (НДТ) применительно к переработке техногенного минерального сырья. Объектом исследования являются лежалые пески (хвосты) обогащения оловянно-полиметаллических руд, накопленные в хвостохранилищах Солнечного горно-обогатительного комбината (Хабаровский край), а также технологические схемы их обогащения, применяемые на СОФ и ЦОФ в различные периоды эксплуатации. В качестве исходных данных в работе использованы: литературные данные, опубликованные в рецензируемых отечественных журналах за период 2007–2024 гг.; эксплуатационные показатели Солнечного ГОКа; результаты минералого-геохимических опробований лежалых песков; техническая и нормативная документация, регламентирующая обращение с отходами горного производства и требования к качеству концентратов.

В работе применен комплекс взаимодополняющих методов исследования, включающий: анализ технической и нормативной документации; анализ литературных источников; сравнительный анализ технологических схем обогащения по критериям извлечения целевых компонентов, экологической безопасности и технической реализуемости; обобщение и синтез информации; математическую обработку результатов; метод аналитического моделирования – построение технологической схемы доиз-

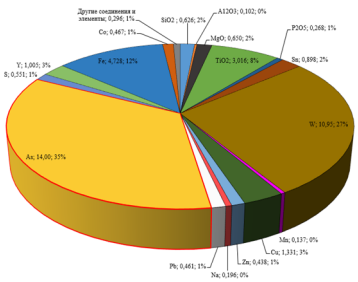
влечения олова и сопутствующих металлов на основе комбинации стадиального дробления, гравитационной доводки на концентрационных столах, флотации тонких классов и магнитной сепарации для удаления железосодержащих минералов.

Цель исследования – обоснование путей решения ресурсно-экологических проблем обогащения оловянно-полиметаллических руд Хабаровского края на основе разработки комплексной технологической схемы переработки хвостов Солнечного ГОКа, обеспечивающей максимально полное извлечение олова (и сопутствующих металлов) при одновременном снижении негативного воздействия хвостохранилищ на компоненты природной среды.

Полученные результаты и их обсуждение

На основе анализа химического состава лежалых хвостов обогащения оловянных руд Солнечного ГОКа, приведенного в работе К. В. Прохорова с соавторами [8], проведена количественная оценка степени негативного воздействия отходов на окружающую среду. В соответствии с Приказом Минприроды России от 31.03.2025 № 158 [17] рассчитаны коэффициенты опасности отдельных компонентов отходов (рис. 1). Установлено, что одним из наиболее экологически значимых компонентов является мышьяк, присутствующий в составе сульфидных минералов (преимущественно арсенопирита), ассоциированных с оловянной минерализацией. Концентрации As в хвостах достигают значений, создающих потенциальную угрозу при миграции в компоненты природной среды. Присутствие мышьяка оказывает двоякое негативное влияние: технологическое – при флотации арсенопирит конкурирует с касситеритом за поверхность раздела фаз, снижая селективность разделения и извлечение олова; экологическое – при выщелачивании (кислотных дождевых осадках, фильтрации вод через тело хвостохранилища) мышьяк переходит в подвижные формы, поступает в почвы и водоносные горизонты, создавая долговременную экологическую угрозу, что требует дополнительных мер очистки, удорожающих технологический процесс.

По результатам расчета интегрального показателя опасности установлено, что хвосты обогащения оловянно-полиметаллических руд Солнечного ГОКа относятся к IV классу опасности (малоопасные отходы). Полученные данные, с одной стороны, свидетельствуют о возможности их переработки без применения чрезвычайно жестких мер защиты, с другой – подтверждают необходимость внедрения современных технологий для безопасной и экологически ответственной утилизации хвостов с целью минимизации накопленного и потенциального экологического риска.



Компонент отхода	Ki	Доля, %
SiO_2	0,626	1,56
Al_2O_3	0,102	0,25
MgO	0,650	1,62
TiO_2	3,016	7,52
P_2O_5	0,268	0,67
Sn	0,898	2,24
		0,00
W	10,95	27,29
Mn	0,137	0,34
Cu	1,331	3,32
Zn	0,438	1,09
Na	0,196	0,49
Pb	0,461	1,15
As	14,00	34,90
S	0,551	1,37
Y	1,005	2,50
Fe	4,728	11,78
Co	0,467	1,16
Другие соединения и элементы	0,296	0,74
Итого	**40,122**	**100,00**

Рисунок 1 – Результаты определения коэффициентов опасности компонентов и класса опасности отходов обогащения хвостохранилищ Солнечного ГОКа

На основании проведенного анализа химического и минералогического состава, гранулометрических характеристик и установленного класса опасности хвостов Солнечного ГОКа предложена интегрированная гравитационно-флотационная технология переработки с механоактивационным измельчением. Технологическая схема (рис. 2) ориентирована на переработку техногенного сырья (лежалых хвостов) и исключает энергоемкие и затратные этапы дробления первичной руды. Переработке подлежит фракция крупностью –0,2+0,071 мм, которая является наиболее эффективной для гравитационного обогащения касситерита. Предлагаемая технологическая схема включает основные узлы и оборудование, приведенные в табл. 1. В состав комплексной технологической схемы входит планетарная мельница непрерывного действия ПЦМ-50-нано производительностью до 50 кг/ч, разработанная и запатентованная компанией «Planetary Mills», позволяющая осуществлять помол в режимах самоизмельчения и с мелющими телами и получать порошки с размером частиц от 3 мкм до 20 нм, основным рабочим элементом которой являются помольные барабаны [18, 19]. Предложенная схема базируется на принципах наилучших доступных технологий (НДТ) и обеспечивает последовательное извлечение олова, меди, вольфрама и сопутствующих металлов с минимальным образованием вторичных отходов.

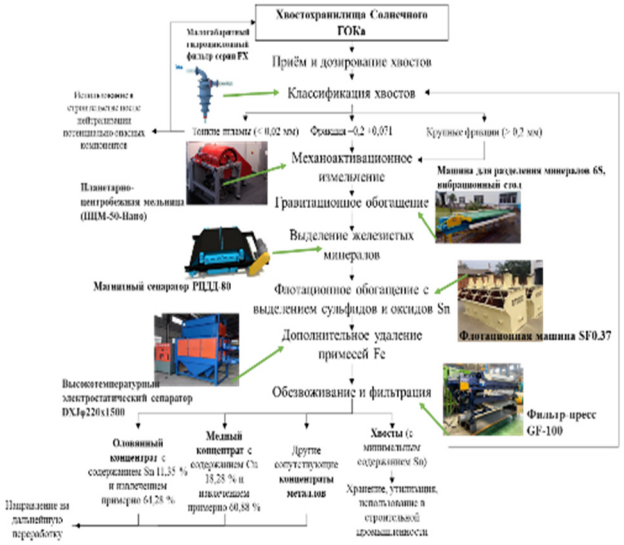


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема переработки хвостов Солнечного ГОКа

Таблица 1
Основные узлы и оборудование предлагаемой технологической схемы

Оборудование	Назначение	Техническая характеристика
Гидроциклонный фильтр серии FX	Классификация, разделение песка и шлама, обезвоживание	Малогабаритный, эффективный для тонкой классификации
Планетарная мельница непрерывного действия ПЦМ-50-нано	Механоактивационное измельчение, раскрытие сростков	Производительность до 50 кг/ч, размер частиц от 3 мкм до 20 нм, режимы самоизмельчения и с мелющими телами
Встряхивающий стол 6S	Гравитационное обогащение мелкозернистых материалов	Высокая эффективность для класса –0,2+0,071 мм
Магнитный сепаратор РЦДД-80 (ленточный)	Отделение ферромагнитных материалов (пирротин, магнетит)	Постоянные магниты, ленточный механизм
Флотационная машина SF0,37	Пенная флотация, извлечение тонковкрапленных сульфидов и касситерита	Объем камеры 0,37 м³, механический тип
Электростатический сепаратор DXJφ 220×1500	Доводка концентратов, разделение по электропроводности	Комбинированный принцип (гравитационный + магнитный)
Фильтр-пресс GF-100	Обезвоживание хвостов после дообогащения, подготовка к складированию или рекультивации	Отделение твердой фазы от жидкости

Для определения экономической и экологической целесообразности внедрения предложенной технологии выполнен расчет основных показателей эффективности при переработке техногенных отходов Солнечного ГОКа (табл. 2).

Таблица 2
Показатели эколого-экономической эффективности предлагаемой технологии переработки отходов

Показатель	Ед. изм.	Значение
Капитальные вложения на переработку хвостов	тыс. руб.	41449,46
Удельные капитальные вложения	тыс. руб./т	213,79
Стоимость реализации оловянного концентрата (оптовая цена 2,3 тыс. руб./т, ПАО «Русолово», 2023 г.)	тыс. руб.	858
Суммарная стоимость электроэнергии на технологические нужды	тыс. руб.	8412,23
Суммарная стоимость воды на технологические нужды	тыс. руб.	425,6
Годовой фонд заработной платы	тыс. руб.	51891,84
Выручка от реализации	тыс. руб.	326942,48
Прибыль от реализации	тыс. руб.	235905,97
Налог на прибыль	тыс. руб.	58976,49
Размер чистой прибыли	тыс. руб.	176929,48
Рентабельность продаж	%	72,16
Рентабельность производства	%	5,69

Высокая рентабельность продаж (72,16 %) свидетельствует о значительной маржинальности продукта, однако низкая рентабельность производства (5,69 %) указывает на высокую долю затрат (главным образом – энергетических, преимущественно на механоактивацию) в структуре себестоимости. Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД) на горизонте 9 лет дал отрицательное значение. Это свидетельствует о том, что проект переработки оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа в базовом сценарии характеризуется длительным сроком окупаемости, превышающим стандартные инвестиционные горизонты горно-обогатительных предприятий.

Реализация проекта возможна при наличии муниципальной поддержки (разработки спонсорских программ) и государственной (грантовые работы в области переработки отходов обогащения оловянно-полиметаллических руд). Важную роль могут сыграть и изменения условий рынка цветных металлов, а также модернизация технологического процесса. Учет дополнительного дохода от медного, вольфрамового, висмутового и серебросодержащего концентратов может существенно повысить интегральную экономическую эффективность. Тем не менее, даже при отрицательном ЧДД проект имеет обоснование с позиции экологической эффективности: ликвидация долговременного источника пыления (снижение выноса токсичной пыли на 2017 кг/год по данным [13]); уменьшение миграции тяжелых металлов и мышьяка в подземные воды; освобождение земель (более 90 га) для последующей рекультивации или хозяйственного использования; снижение рисков для здоровья населения п. Солнечный.

Выводы

Хвостохранилища Солнечного ГОКа содержат свыше 41 млн т отходов на площади 90,8 га и являются источником долговременного загрязнения компонентов окружающей среды. При этом лежалые пески представляют собой комплексное техногенное месторождение с прогнозными запасами олова до 69 тыс. т. По результатам расчета коэффициентов опасности компонентов хвосты обогащения оловянно-полиметаллических руд Солнечного ГОКа отнесены к IV классу опасности (малоопасные). На основе минералого-технологического анализа предложена интегрированная гравитационно-флотационная технология с механоактивационным измельчением, ориентированная на переработку фракции хвостов –0,2+0,071 мм, исключающая, в отличие от традиционных схем, дробление первичной руды. Расчет показателей эколого-экономической эффективности проекта показал высокую рентабельность продаж (72,16 %), но низкую рентабельность производства (5,69 %) из-за значительных энергозатрат. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) на горизонте 9 лет отрицателен, что указывает на длительный срок окупаемости при текущих рыночных ценах на олово.

Внедрение предлагаемой технологии экономически оправдано только при условии государственной или муниципальной поддержки, комплексном извлечении всех попутных компонентов (Cu, W, Bi, Ag), благоприятной динамике мировых цен на олово. оптимизации энергопотребления. Однако проект безусловно целесообразен с экологической точки зрения: он позволяет ликвидировать многолетний источник пыления и загрязнения, снизить миграцию тяжелых металлов и мышьяка, освободить нарушенные земли и уменьшить риски для здоровья населения п. Солнечный.

Литература

1. Горное дело и окружающая среда: учеб. пособие / Л. П. Майорова, Л. Т. Крупская, А. А. Черенцова; [науч. ред. П. Б. Рябухин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – 179 с.
2. Чикишева Т. А. и др. Минералого-технологические особенности оловянной руды Правоурмийского месторождения (Хабаровский край) //Разведка и охрана недр. – 2018. – №. 10. – С. 55–59.
3. Кирильчук М. С., Прохоров К. В., Золотов А. М. Применение стадиального дробления при гравитационном обогащении оловянных руд Солнечного ГОКА //Проблемы недропользования. – 2025. – №. 2 (45). – С. 38–50.
4. Бубнова М. Б., Озарян Ю. А. Комплексная оценка воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – №. 2. – С. 188–198.
5. Крупская Л. Т., Растанина Н. К. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха в районе хвостохранилища ЦОФ Солнечного ГОКа //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – Т. 9. – №. 12. – С. 318–323.
6. Крупская Л. Т. и др. К вопросу оценки хвостохранилища как источника загрязнения объектов природной среды //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 5. – №. 12. – С. 234–241.
7. Крупская Л. Т., Зверева В. П., Склярова Г. Ф., Орлов А. М. Техногенные поверхностные образования как источник загрязнения экосферы и обоснование возможности их освоения в Дальневосточном федеральном округе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2. – С. 5–21.
8. Прохоров К. В., Озарян Ю. А., Богомяков Р. В. Исследование возможности извлечения ценных компонентов из техногенного материала Солнечного ГОКа //Проблемы комплексного освоения георесурсов. – 2017. – С. 144–147.
9. Бубнова М. Б., Озарян Ю. А. Геоэкологическая оценка региональных природно-горнотехнических систем на юге Дальнего Востока //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – №. 5. – С. 189–196.
10. Комаров М. А. и др. Горно-промышленные отходы-дополнительный источник минерального сырья //Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – №. 4. – С. 3–9.
11. Ханчук А. И. и др. Хвостохранилища Комсомольского оловорудного района: невостребованные минеральные ресурсы и угроза для экологической обстановки //Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2011. – №. 3 (157). – С. 77–82.
12. Ханчук А. И. и др. Минералого-геохимическое обоснование переработки лежалых песков хвостохранилищ Солнечного ГОКа (Комсомольский район, Хабаровский край) //Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. – 2012. – №. 1. – С. 22–40.
13. Усиков В. И. и др. Оценка влияния отходов горного производства на окружающую среду с применением ГИС технологий //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – №. 12. – С. 114–126.
14. Юсупов Т. С. и др. Использование механоактивационного измельчения в процессах обогащения техногенного оловосодержащего сырья //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2019. – №. 5. – С. 121–127.
15. Юсупов Т. С., Кондратьев С. А., Халимова С. Р., Новикова С. А. Минералого-технологическая оценка обогатимости олово-сульфидного техногенного сырья // ФТПРПИ. – 2018. – № 4. – С. 145–151.
16. Газалеева Г. И. и др. Разработка технологии обогащения оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа //Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. – 2018. – С. 11–16.
17. Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду / Приказ Минприроды России от 31.03.2025 № 158. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_504642/ (дата обращения: 02.06.2026).
18. ПЦМ-50-Нано [Электронный ресурс]: официальный сайт компании «Planetary Mills» – Режим доступа: https://planetarymills.ru/oborudovanie/planetarnye-mel-nicy/pcm-50-nano/ (дата обращения 02.06.2026).
19. Планетарные мельницы: виды, конструкция, принцип работы, преимущества, цены [Электронный ресурс]: сайт Metmastanki – Режим доступа: https://metmastanki.ru/planetarnye-melnitsy-vidy-konstruktsiya-printsip-raboty-preimushhestva-tseny (дата обращения 02.06.2026).

Resource and environmental issues of tin-polymetallic ore beneficiation in Khabarovsk Krai and solutions

Volosnikova G.A., Zolotov A.M.
Pacific National University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper presents an analysis of resource and environmental challenges associated with the beneficiation of tin-polymetallic ores in Khabarovsk Krai, with an emphasis on studying the processing tailings of the Solnechny Mining and Processing Plant (GOK) as a technogenic source of mineral raw materials. It is shown that the current environmental situation in the area where the enterprise is located is characterized by a high level of technogenic impact resulting from the long-term accumulation of processing tailings. Literature and operational data on the material composition of ores and tailings from Solnechny GOK have been collected and systematized. A comparative analysis of existing beneficiation technologies for primary and technogenic tin-polymetallic raw materials was performed, and the main technological limitations were identified. Based on hazard coefficient calculations, the processing tailings of tin-polymetallic ores are classified as Hazard Class IV (low hazard). To recover tin and associated components from aged tailings and reduce negative environmental impacts, an integrated gravity-flotation technology with mechanoactivation grinding is proposed. Economic analysis shows a high return on sales but a negative net present value at current tin prices. The necessity of state support and comprehensive recovery of by-product metals is justified to ensure the economic viability of the project, given its unconditional environmental feasibility.

Keywords: beneficiation process flow diagram, ore minerals, tin concentrate, mineral processing waste, tailings storage facility, waste hazard class, resource and environmental challenges, technogenic deposits, best available techniques (BAT), ecological and economic efficiency.

References

1. Mining and the Environment: a textbook / L. P. Mayorova, L. T. Krupskaya, A. A. Cherentsova; [ed. P. B. Ryabukhin]. – Khabarovsk: Publishing house of the Pacific state University, 2017. – 179 p.
2. Chikisheva T. A. et al. Mineralogical and technological features of tin ore of the Pravourmiyskoye deposit (Khabarovsk Krai) // Exploration and protection of subsoil. – 2018. – No. 10. – P. 55–59.
3. Kirilchuk M. S., Prokhorov K. V., Zolotov A. M. Application of stage crushing in gravity concentration of tin ores of Solnechny Mining and Processing Plant // Problems of Subsoil Use. – 2025. – No. 2 (45). – P. 38–50.
4. Bubnova M. B., Ozaryan Yu. A. Comprehensive assessment of the impact of mining enterprises on the environment // Physical and technical problems of mineral development. – 2016. – No. 2. – P. 188–198.
5. Krupskaya L. T., Rastanina N. K. Assessment of the risk to public health associated with air pollution in the area of the tailings pond of the central processing plant of Solnechny GOK // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2007. – Vol. 9. – No. 12. – Pp. 318–323.
6. Krupskaya L. T. et al. On the issue of assessing the tailings pond as a source of pollution of natural environments // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2009. – Vol. 5. – No. 12. – Pp. 234–241.
7. Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Sklyarova G. F., Orlov A. M. Man-made surface formations as a source of ecosphere pollution and justification of the possibility of their development in the Far Eastern Federal District // Mining information and analytical bulletin. – 2021. – No. 2. – P. 5–21.
8. Prokhorov K. V., Ozaryan Yu. A., Bogomyakov R. V. Study of the possibility of extracting valuable components from technogenic material of Solnechny GOK // Problems of integrated development of georesources. – 2017. – P. 144–147.
9. Bubnova M. B., Ozaryan Yu. A. Geoecological assessment of regional natural-mining-technical systems in the south of the Far East // Physical and technical problems of mineral resource development. – 2012. – No. 5. – P. 189–196.
10. Komarov M. A. et al. Mining waste - an additional source of mineral raw materials // Mineral resources of Russia. Economics and management. – 2007. – No. 4. – P. 3–9.
11. Khanchuk A. I. et al. Tailings of the Komsomolsk Tin Ore District: Unclaimed Mineral Resources and a Threat to the Environmental Situation // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2011. – No. 3 (157). – P. 77–82.
12. Khanchuk A. I. et al. Mineralogical and Geochemical Substantiation of the Processing of Stale Sands from the Tailings of the Solnechny Mining and Processing Plant (Komsomolsk District, Khabarovsk Krai) // Bulletin of the KRAUNC. Series: Earth Sciences. – 2012. – No. 1. – P. 22–40.
13. Usikov V. I. et al. Assessment of the impact of mining waste on the environment using GIS technologies // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2019. – No. 12. – P. 114–126.
14. Yusupov T. S. et al. Use of mechanical activation grinding in the beneficiation of technogenic tin-containing raw materials // Physical and technical problems of mineral development. – 2019. – No. 5. – P. 121–127.
15. Yusupov T. S., Kondratyev S. A., Khalimova S. R., Novikova S. A. Mineralogical and technological assessment of the beneficiability of tin-sulfide technogenic raw materials // FTPRPI. – 2018. – No. 4. – P. 145–151.
16. Gazaleeva G. I. et al. Development of a technology for beneficiation of tin-containing tailings of the Solnechny Mining and Processing Plant // Scientific foundations and practice of processing ores and technogenic raw materials. – 2018. – P. 11–16.
17. On approval of criteria for classifying waste as hazard classes I–V based on the degree of negative impact on the environment / Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated March 31, 2025, No. 158. [Electronic resource] – Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_504642/ (accessed: June 2, 2026).
18. PCM-50-Nano [Electronic resource]: official website of Planetary Mills – Access mode: https://planetarymills.ru/oborudovanie/planetarnye-mel-nicy/pcm-50-nano/ (accessed: June 2, 2026).
19. Planetary mills: types, design, operating principle, advantages, prices [Electronic resource]: Metmastanki website – Access mode: https://metmastanki.ru/planetarnye-melnitsy-vidy-konstruktsiya-printsip-raboty-preimushhestva-tseny (date of access 02.06.2026).

Модернизация мобильного лабораторного комплекса контроля качества моторного топлива для снижения экологических рисков (на примере АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт»)

Бояршинова Юлия Вячеславовна
магистрант, Высшая школа управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 2014103308@ togudv.ru,

Волосникова Галина Александровна
канд. техн. наук, доц., доцент Высшей школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 004181@ togudv.ru

В статье предложено решение проблемы повышения экологической безопасности деятельности АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» путем модернизации мобильного лабораторного комплекса контроля качества моторного топлива. На основе анализа существующей системы работы испытательной лаборатории АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» выявлено ключевое ограничение – отсутствие оборудования для оперативного определения массовой доли серы на месте отбора проб, что увеличивает экологические риски, связанные с использованием некачественного топлива. Статистическая обработка протоколов испытаний за 2025 г. подтвердила регулярность нарушений по данному показателю. Изучение лучших практик ПАО «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть» показало эффективность мобильных лабораторий с РФА-анализаторами. Для решения выявленных проблем разработан ряд мероприятий по оптимизации деятельности испытательной лаборатории, включая техническую модернизацию мобильного лабораторного комплекса. Предложена экономико-экологическая модель оценки эффективности внедрения РФА-анализатора, позволяющая снизить экологические риски и затраты на подтверждение соответствия топлива.

Ключевые слова: контроль качества нефтепродуктов, моторное топливо, испытательная лаборатория, мобильная служба контроля качества топлива, отбор проб, экологические риски, периодичность контроля, экспресс-анализ, снижение выбросов, эколого-экономическая эффективность.

Введение и постановка проблемы

Проблема обеспечения качества моторного топлива находится в центре внимания как регулирующих органов, так и научного сообщества, что обусловлено прямым влиянием данного фактора на экологическую безопасность и здоровье населения. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011) [1], на территории Российской Федерации допускается обращение топлива не ниже экологического класса К-5. Качество реализуемого моторного топлива непосредственно определяет уровень техногенной нагрузки на атмосферу. Основным нормируемым показателем, характеризующим экологический класс, выступает массовая доля серы, предельное значение которой не должно превышать 10 мг/кг. Топливо, не соответствующее классу «Евро-5» (особенно по содержанию серы, воды и механических примесей), провоцирует повышенные выбросы диоксида серы (SO_2), сажи, бенз(а)пирена, а также отказы топливной системы и разливы топлива, что ведет к значительному ухудшению качества окружающей среды.

Технологическая природа проблемы несоответствия качества топлива нормативным требованиям наиболее отчетливо проявляется для дизельного топлива. Характерный пример – налив в отсек автоцистерны, где сохранился остаток автомобильного бензина, что приводит к ухудшению качества дизельного топлива (так называемое «сажание вспышки»). Кроме того, на АЗС вследствие утечек в трубопроводах возможно частичное поступление одного продукта в другой, что также снижает качество конечного топлива. Оперативно выявить такие нарушения без применения мобильной лаборатории не представляется возможным, следствием чего становятся обоснованные жалобы клиентов. Дополнительным дестабилизирующим фактором выступают сезонные явления: в весенний период – за счет таяния снега, а летом – вследствие интенсивных ливневых дождей, когда в резервуары могут попадать вода и механические примеси [2].

С экологической точки зрения сжигание серосодержащего топлива сопровождается образованием сернистого газа (SO_2), который инициирует выпадение кислотных дождей, наносящих многокомпонентный ущерб лесным экосистемам, почвенному покрову, водным объектам и ускоряющих коррозию зданий и сооружений. Низкое октановое число вызывает детонацию двигателя, неполное сгорание топлива и, как следствие, повышенные выбросы угарного газа (CO) и несгоревших углеводородов, участвующих в образовании фотохимического смога. Присутствие воды и механических примесей ускоряет коррозию топливной системы, что способно вызвать разрывы трубопроводов и разливы топлива. При этом один литр топлива загрязняет 1 м³ почвы, а попадание топлива в ливневую канализацию создает прямую угрозу загрязнения рек. Выявленные экологические риски поддаются количественной оценке и объективно требуют принятия технических мер, направленных на их снижение.

Ключевая проблема существующей системы контроля качества топлива, целевым назначением которой является оперативное предотвращение реализации некондиционной продукции, заключается во временном разрыве между отбором пробы и получением результатов испытаний. В стационарной лаборатории этот цикл занимает 3–4 часа, за которые некачественное топливо может быть уже реализовано потребителям. В удаленных зонах периодичность контроля сокращается до одного раза в 2–3 месяца (при нормативно требуемом минимуме – один раз в месяц), что существенно увеличивает длительность потенциального воздействия некондиционного топлива. Как подчеркивается в работах, посвященных метрологическому обеспечению экспресс-анализаторов моторных топлив [3, 4], эффективность системы контроля качества определяется двумя ключевыми факторами: точностью применяемых методов и оперативностью получения результатов. Запоздалый результат анализа (свыше 24 часов) утрачивает превентивную функцию, фиксируя лишь уже совершенное нарушение, но не позволяя его предотвратить. Именно поэтому все большее значение приобретают экспресс-методы, обеспечивающие быстрое получение результата, даже при некотором снижении точности по сравнению с арбитражными лабораторными методами.

Анализ исследований, направленных на гармонизацию российских и международных стандартов на нефтепродукты [5, 6], свидетельствует,

что в странах Европейского Союза и США широко применяются полевые (мобильные) лаборатории, оснащенные портативными анализаторами, позволяющими определять ключевые показатели качества топлива непосредственно на месте отбора пробы. Передвижные лаборатории дают возможность проводить анализ непосредственно на АЗС за 15–20 минут, что кардинально повышает оперативность контроля и способствует снижению экологических рисков. При этом особое внимание уделяется определению содержания серы как наиболее экологически значимого показателя. В связи с этим возникает объективная необходимость в разработке и обосновании мероприятий по модернизации мобильной службы контроля качества топлива, адаптированных к условиям деятельности вертикально-интегрированной нефтяной компании, на примере АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт».

Обзор ранее выполненных исследований

Вопросам экологической безопасности при реализации нефтепродуктов посвящены, например, работы Н. А. Сатера с соавторами [7] и А. Г. Дедова [8]. Определение массовой доли серы является наиболее значимой экологической задачей при контроле качества топлива, так как выбросы SO_2 наносят прямой ущерб окружающей среде и здоровью населения. Нормативная база (ТР ТС 013) устанавливает жесткие ограничения на содержание серы, но не регламентирует методы оперативного контроля этого показателя в полевых условиях. Кроме того, в научной литературе рассматривается проблема разливов нефтепродуктов, вызванных использованием топлива с повышенным содержанием воды и механических примесей. Попадание нефтепродуктов в почву и водные объекты создает долговременную экологическую угрозу, поскольку процесс естественного разложения углеводородов может занимать от нескольких месяцев до десятков лет.

Вопросу определения массовой доли серы посвящены работы специалистов в области аналитической химии, например А. Б. Копыльцова с соавторами [9]. Основными методами, применяемыми в лабораторной практике, являются: рентгенофлуоресцентный (РФА), основанный на измерении характеристического рентгеновского излучения атомов серы при их возбуждении и позволяющий определять серу в диапазоне от 1 до 10000 мг/кг с погрешностью не менее 10 %, преимуществами которого являются неразрушающий характер анализа, минимальная подготовка пробы и возможность создания портативных приборов, в связи с чем именно РФА-анализаторы (например, «Спектроскан SUL») рекомендованы для оснащения мобильных лабораторий; ультрафиолетовый флуоресцентный метод, основанный на сжигании пробы в кислородной среде и измерении флуоресценции образовавшегося SO_2, являющийся арбитражным, но требующий сложного оборудования и не подходящий для полевых условий.

В области контроля качества нефтепродуктов применяются три основные группы приборов. Группа 1 включает ускоренные версии классических методов, примерами являются анализаторы температуры вспышки (MINIFLASH, SETAFLASH), анализаторы холодных свойств (ТПЗ-ЛАБ-12, Кристалл-10Э), анализаторы давления насыщенных паров, показания таких приборов хорошо коррелируют с результатами, полученными арбитражными методами, а метрологическое обеспечение не представляет сложности. К группе 2 относятся диэлькометрические анализаторы, например, октанометр SHATOX SX-100K, применяемый в мобильных службах контроля качества топлива (МСККТ), принцип действия которого основан на измерении диэлектрической проницаемости топлива, коррелирующей с октановым числом, основным недостатком является зависимость показаний от химического состава топлива (наличие спиртов, присадок). Группа 3 включает ИК-спектрометры ближнего диапазона (NIR и FTIR), использующие сложные математические модели, обученные на больших массивах данных, способные определять одновременно несколько показателей: октановое и цетановое числа, содержание бензола, ароматических углеводородов, плотность и температуру вспышки. Однако прямое определение серы методами ИК-спектроскопии невозможно, поскольку сера не имеет характерных полос поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне.

Для оснащения мобильных лабораторий оптимальным решением является комбинация ИК-анализатора (для определения октанового числа, бензола, ароматики, плотности) и портативного РФА-анализатора серы, что подтверждается опытом ведущих нефтяных компаний (ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть») [10, 11]. Внедрение мобильных лабораторий позволило компаниям сократить время обнаружения некачественного топлива с нескольких дней до 15–30 минут, а также снизить количество рекламаций со стороны потребителей. Важным организационным аспектом является необходимость интеграции данных мобильных лабораторий в корпоративные информационные системы. Это позволяет в режиме реального времени принимать решения о приостановке реализации топлива, что минимизирует экологические и экономические потери. Своевременное выявление некачественного топлива (особенно с превышением содержания серы) позволяет предотвратить экологический ущерб, который в денежном выражении может значительно превышать затраты на приобретение аналитического оборудования.

Таким образом, проблема контроля содержания серы в моторном топливе имеет как экологическую, так и экономическую значимость. Существующие лабораторные методы анализа не обеспечивают оперативности, необходимой для предотвращения реализации некондиционного топлива. Наиболее эффективным решением для мобильных лабораторий признано комбинирование ИК-спектрометров и портативных РФА-анализаторов серы. Интеграция мобильного контроля в корпоративные информационные системы является ключевым условием оперативного реагирования. Отсутствие нормативно закрепленных требований к методам полевого экспресс-контроля создает зону неопределенности при оснащении мобильных лабораторий.

Материалы и методы

Объектом исследования явилась система контроля качества нефтепродуктов в АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт», включающая стационарную лабораторию и мобильную службу контроля качества топлива (МСККТ). Теоретической основой работы послужили фундаментальные и прикладные исследования в области оптимизации и контроля качества нефтепродуктов для снижения экологических рисков, нормативно-правовые акты (ТР ТС 013/2011), а также практический опыт ведущих нефтяных компаний по внедрению мобильных лабораторий контроля качества.

В работе применен комплекс взаимодополняющих методов исследования, обеспечивающих системный подход к решению поставленных задач: анализ внутренней нормативной документации АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт»; регистрация и оценка фактических параметров работы МСККТ; картографический метод; статистические методы; метод бенчмаркинга; математическая обработка полученной информации; эколого-экономический анализ.

Цель исследования – разработка и обоснование комплекса мероприятий по модернизации мобильной службы контроля качества топлива АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» с оценкой предотвращенного эколого-экономического ущерба и прогнозом снижения экологических рисков.

Полученные результаты и их обсуждение

Основными видами деятельности испытательной лаборатории АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» являются: оптовая и розничная реализация нефтепродуктов (бензины всех марок, дизельное топливо, судовое топливо, реактивное топливо); прием, хранение и отпуск нефтепродуктов на Хабаровской нефтебазе; эксплуатация сети АЗС «ННК» (более 120 станций в Хабаровском крае и Еврейской автономной области); контроль качества нефтепродуктов на всех этапах обращения. Основными видами продукции являются: бензины автомобильные АИ-92, АИ-95, АИ-98, АИ-101 экологического класса 5; топливо дизельное экологического класса К-5 (летнее и зимнее); топливо судовое маловязкое; топливо реактивное.

С 01.12.2024 г. в АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» введен в действие внутренний Стандарт «Мобильные лаборатории контроля качества нефтепродуктов. Основные требования» [12]. Лаборатория аккредитована в Федеральной службе по аккредитации (Росаккредитация), область аккредитации включает 12 показателей. Испытательная лаборатория оснащена современным аналитическим оборудованием, позволяющим проводить испытания в соответствии с требованиями ТР ТС 013 [1]. Все средства измерений испытательной лаборатории внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и имеют действующие свидетельства о поверке. Стационарная лаборатория обеспечивает высокую точность контроля длительностью 3–4 ч.

Мобильная лаборатория характеризуется оперативностью 15–20 мин и ограниченным перечнем показателей. Текущее оснащение мобильной лаборатории включает: аппарат автоматический для определения температуры вспышки нефтепродуктов в закрытом тигле АТВ-21; анализаторы качества нефтепродуктов «ОКТАНОМЕТР SHATOX» SX-100K для определения октанового числа; ареометры стеклянные типа АН для определения плотности. Техническое оснащение МСККТ на существующее положение не позволяет определять содержание серы (ключевого экологически значимого показателя), бензола, ароматических углеводородов, фракционный состав, что является системным ограничением оперативного контроля.

По скорости получения результата выделяются две группы методов: экспресс-методы продолжительностью до 30 минут (для определения октанового числа, плотности, температуры вспышки) и арбитражные методы продолжительностью от 2 часов до суток (для определения серы, бензола только в стационаре).

Внутренним Стандартом АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» [12] определены требования к графику выездов: проверка каждой АЗС/АЗК должна быть не реже одного раза в месяц. Стандартом также установлен обязательный перечень показателей, определяемых в мобильной лаборатории: температура вспышки в закрытом тигле; плотность; октановое число (исследовательским и моторным методом); цетановое число. Массовая доля серы в этот перечень не входит, несмотря на то что сера является одним из главных показателей, определяющих экологический класс топлива. Отсутствие требования определения серы в полевых условиях означает, что топливо может быть реализовано с превышением ее содержания, и это не будет выявлено до получения результатов из стационарной лаборатории (через 3–4 ч). Однако Стандарт допускает расширение перечня оборудования, и это позволяет дооснастить МСККТ анализатором серы без нарушения его требований. Стандартом также установлен минимально необходимый комплект оборудования.

Предприятием утвержден график выезда мобильной лаборатории на 2026 г., охватывающий 4 географические зоны: 1 – г. Хабаровск (внутригородские АЗС); 2 – Хабаровский район; 3 – Еврейская автономная область (ЕАО); 4 – г. Комсомольск-на Амуре. Общее количество АЗС/АЗК в регионе (по данным предприятия) составляет 128, период полного охвата (один цикл) для г. Хабаровск – 1 месяц, для отдаленных районов – 2–3 месяца, количество выездов в неделю – 3–5 дней, количество проверяемых АЗС за один выезд – 2–4. График составлен с соблюдением требования Стандарта для АЗС, расположенных в г. Хабаровск и ближайшем пригороде. Для отдаленных АЗС (г. Комсомольск-на-Амуре, г. Биробиджан, г. Облучье) фактическая периодичность составляет 1 раз в 2–3 месяца, что не соответствует требованию. Это связано с большой территорией обслуживания и наличием только одной мобильной лаборатории.

Анализ маршрутной сети показал, что при существующем графике и одной мобильной лаборатории суммарный годовой пробег составляет около 48 тыс. км. Наибольшая временная и логистическая нагрузка приходится на выезды в зоны 3 и 4 (ЕАО и Комсомольск-на-Амуре), где один выезд занимает 3–4 дня и включает отбор проб не более чем на 6–8 АЗС. Основными недостатками маршрутной сети являются: неравномерная нагрузка по зонам; отсутствие резервного времени для внеплановых проверок (по жалобам, после ремонта резервуаров); длительный цикл контроля для удаленных АЗС (до 3 месяцев), что при реализации некачественного топлива создает экологические риски на значительной территории.

Отбор проб нефтепродуктов на АЗС АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» осуществляется в соответствии с требованиями: ГОСТ 2517–2012 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб» [13]; Стандарт «Мобильные лаборатории контроля качества нефтепродуктов. Основные требования.» [12]; внутренняя инструкция «Порядок отбора, маркировки, транспортировки и хранения проб нефтепродуктов» (утв. 15.02.2024) [14]. В практике МСККТ используются следующие типы проб: точечная объемом 1,5 л (для контроля качества в конкретном резервуаре); объединенная объемом 3 л (для оценки качества топлива на АЗС в целом) и контрольная 2×1,5 л (при споре для арбитражного анализа). Время от момента отбора до доставки в лабораторию составляет не более 24 ч, при превышении времени проба бракуется и оформляется повторный выезд. Основной проблемой является несоблюдение периодичности отбора для удаленных АЗС, что приводит к неконтролируемому периоду реализации возможного некачественного топлива до 3 месяцев.

В рамках настоящего исследования было проанализировано 34 протокола испытаний качества нефтепродуктов, выполненных испытательной лабораторией АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» за 2025 г. Протоколы охватывают: бензины автомобильные АИ-92, АИ-95, АИ-98; дизельное топливо экологического класса К-5 (летнее и зимнее). География отбора проб: зона 1 (г. Хабаровск) – 14; зона 2 (Хабаровский район) – 10; зона 3 (ЕАО) – 5; зона 4 – (г. Комсомольск-на-Амуре и район) – 5.

В результате анализа протоколов испытаний 2025 г. выявлена статистика нарушений (табл. 1): доля несоответствий требованиям ТР ТС 013 – 23,5 % (8 из 34); нарушения по сере – 11,8 % (4 случая); диапазон содержания серы 11 – 35 мг/кг (при норме ≤10 мг/кг). Повышенное содержание серы фиксируется в теплый период (апрель – сентябрь), что может быть связано с поставками топлива с разных НПЗ или нарушением условий хранения.

Географический анализ нарушений представлен в табл. 2. Наиболее высокий процент нарушений выявлен в удаленных зонах 3 и 4 (по 40 %). Это подтверждает гипотезу о том, что редкая периодичность проверок (1 раз в 2–3 месяца) создает условия для реализации некачественного топлива без своевременного выявления.

Таблица 1

Количество несоответствий по видам топлива и характер нарушений

Топливо	Количество проб	Количество нарушений	Основной параметр
АИ-92-К5	12	2	Октановое число
АИ-95-К5	10	1	Объемная доля бензола
АИ-98-К5	4	1	Давление насыщенных паров
ДТ-Л-К5 (летнее)	5	3	Содержание серы (от 25 до 35 мг/кг)
ДТ-З-К5 (зимнее)	3	1	Температура фильтруемости

Таблица 2

Доля нарушений по зонам

Зона	Доля нарушений, %	Периодичность по стандарту	Фактическая периодичность	Временной лаг до выявления*
Зона 1 (Хабаровск)	14,3	1 месяц	1 месяц	15–30 дней
Зона 2 (Хабаровский р-н)	20,0	1 месяц	1 месяц	15–30 дней
Зона 3 (ЕАО)	40,0	1 месяц	2–3 месяца	60–90 дней
Зона 4 (Комсомольск)	40,0	1 месяц	2–3 месяца	60–90 дней

** Временной лаг – время от начала реализации некачественного топлива до его выявления.*

Детальный анализ нарушений по содержанию серы в топливе, как наиболее экологически значимому показателю, представлен в табл. 3.

Таблица 3

Детальный анализ нарушений по содержанию серы в топливе

Месяц	Зона	Марка топлива	Содержание серы, мг/кг	Кратность превышения
Июнь	3	ДТ-Л-К5	11	1,1
Август	4	ДТ-Л-К5	28	2,8
Сентябрь	3	ДТ-Л-К5	25	2,5
Апрель	2	ДТ-Л-К5	35	3,5

В соответствии с требованием ТР ТС 013 для класса К-5 массовая доля серы в топливе должна быть не более 10 мг/кг. За 2025 г. объем топлива с превышением серы, реализованного до момента проверки (45 дней в среднем), может составлять ориентировочно 150–200 т (исходя из средней реализации одной АЗС). По сравнению с предыдущим (2024) годом доля нарушений по содержанию серы выросла с 7 до 11,8 %; среднее содержание серы увеличилось с 25 до 35 мг/кг (3,5-кратное превышение); доля нарушений в удаленных зонах возросла с 28 до 40 %. Анализ протоколов подтверждает наличие системной проблемы: в удаленных зонах с редкой периодичностью контроля доля несоответствий в 2,8 раза выше, чем в Хабаровске. При этом в полевых условиях мобильной лабораторией сера не определяется, что делает систему контроля недостаточно эффективной.

Таблица 4

Результаты аналитического обзора методов определения серы в полевых условиях

Метод	Принцип	Предел обнаружения, мг/кг	Погрешность (отн. %)	Применимость в МСККТ
РФА (портативный)	Рентгенофлуоресценция	1–3	≤10 %	Прямое измерение, без подготовки
УФ-флуоресценция (стационар)	Сжигание + флуоресценция SO_2	0,5	≤ 5 %	Сложно, газовые баллоны
NIR-спектроскопия (ИК)	Косвенная корреляция	50–100 (не чувствителен)	>30 %	Сера не определяется напрямую
Диэлькометрия (SHATOX)	Диэлектрическая проницаемость	-	-	Сера не определяется

Анализ лучших отраслевых практик показал, что ПАО «НК «Роснефть» нефть» применяет в мобильных лабораториях ИК-анализатор + портативный РФА-анализатор серы, осуществляет еженедельный график проверок, внеплановые проверки; ПАО «Газпром нефть» использует ИК-анализатор + РФА-анализатор серы + цифровую платформу, в качестве организационного решения осуществляет интеграцию с АСУ АЗС и передачу данных в реальном режиме времени. Обе компании переходят на комплексные экспресс-анализаторы, позволяющие проверять

все ключевые показатели (включая серу) за один выезд. Результаты аналитического обзора методов определения серы в полевых условиях представлены в табл. 4. Как следует из таблицы, единственным методом, пригодным для полевых условий и обеспечивающим определение серы на уровне 10 мг/кг с приемлемой погрешностью, является портативный РФА (рекомендованы Спектроскан SUL).

Для решения выявленных проблем разработан ряд мероприятий по оптимизации деятельности испытательной лаборатории, включая техническую модернизацию в совокупности с организационными мероприятиями и цифровой интеграцией. В качестве основного мероприятия предложено внедрение комплексного оснащения мобильной лаборатории (табл. 5).

Таблица 5

Внедрение комплексного оснащения мобильной лаборатории

Прибор	Определяемые показатели	Время анализа	Метрологические характеристики	Устраняемый риск	Стоимость, тыс. руб.
ИК-анализатор (MINISCAN IRXpert или аналог)	Октановое число, цетановое число, бензол, ароматические углеводороды, плотность, температура вспышки	10–15 мин	NIR-спектроскоп, погрешность октанового числа ±0,3	Низкое октановое число и наличие воды/примесей	~2500
Портативный РФА-анализатор серы (Спектроскан SUL)	Массовая доля серы от 0,0003 % до 5,0 %	2–5 мин	Предел обнаружения 1 мг/кг, погрешность ±10 % относит.	Риск превышения серы	~1200
Ноутбук с ПО + GPS	Автоматическая регистрация, геопривязка	-	-	-	~100

Капитальные затраты на переоснащение лаборатории составят около 3800 тыс. руб., годовые эксплуатационные расходы (поверка, расходные материалы) – 150 тыс. руб. В сравнении с текущим оснащением (не определяется сера, октановое число определяется методом низкой точности) предлагаемое мероприятие обеспечивает полный цикл экспресс-анализа за 15 минут.

В состав проекта также входят предложения по оптимизации графика выездов на основе риск-ориентированного подхода: в городских зонах 1 и 2 с низким риском – сокращение проверок до 1 раза в 3 недели (в результате высвобождается примерно 20 % времени); в удаленных зонах 3 и 4 с высоким риском – внедрение комбинированного контроля: 1 выезд в 2 месяца + отбор проб силами обученного персонала АЗС с доставкой в стационарную лабораторию. Эффект заключается в охвате всех АЗС не реже 1 раза в 2 месяца (снижение максимального временного лага с 90 до 30 дней). С целью сокращения времени от замера до принятия решения (о приостановке реализации топлива) с 3–4 часов до 15 минут предлагается создание цифровой платформы «МСККТ Онлайн»: мобильное приложение для МСККТ с чек-листом и автоматической передачей результатов в ЕСИМ (единая система мониторинга). Двухступенчатый контроль позволит сочетать скорость мобильной лаборатории с точностью стационарной: проведение экспресс-анализа мобильной лабораторией (октановое число, плотность, содержание серы); при выходе за пределы допуска – отбор резервной пробы, направление в стационарную лабораторию, немедленная приостановка реализации (по внутреннему регламенту).

Проведена оценка ожидаемой экологической и экономической эффективности внедрения предлагаемых мероприятий. Экономический эффект заключается в предотвращенных штрафах (ст. 14.43 КоАП РФ) – до 600 тыс. руб./год; снижении репутационных потерь и исков от автовладельцев – около 1 млн руб./год; окупаемость оборудования произойдет за 2–2,5 года. Экологический эффект проявляется в предотвращенных выбросах SO_2: 90–380 кг/год (в зависимости от сценария); снижении риска разливов топлива на 60 % (благодаря раннему выявлению воды и примесей); сокращении временного лага выявления нарушений с 90 дней до 1 дня (в случае двухступенчатого контроля). Показатели оценки предотвращенного экологического ущерба: базовый сценарий (90 кг SO_2): ущерб – 4,2 тыс. руб./год; максимальный сценарий (380 кг SO_2): ущерб – 17,9 тыс. руб./год. Полученные результаты не влияют на денежные потоки предприятия напрямую, но показывают социально-экологическую значимость проекта.

Выводы

В результате анализа деятельности испытательной лаборатории АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» диагностирована основная проблема: существующая система оперативного контроля качества топлива (МСККТ) не определяет массовую долю серы – ключевой экологический показатель. Анализ протоколов испытаний за 2025 г. выявил 4 случая реализации топлива с превышением содержания серы до 35 мг/кг при норме 10 мг/кг. Длительность реализации некачественного топлива в удаленных зонах достигала 3-х месяцев, что привело к дополнительным выбросам сернистого газа. Эмпирически подтверждено, что доля нарушений в удаленных зонах (40 %) статистически значимо выше, чем в городе (14,3 %), что коррелирует с увеличенным временным лагом (2–3 месяца).

На основании анализа отраслевых практик (ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть») разработан ряд мероприятий по модернизации МСККТ: внедрение комплексного оснащения: ИК-анализатор MINISCAN IRXpert (или аналог) для определения октанового числа, бензола, ароматики, плотности и температуры вспышки, а также портативный РФА-анализатор серы («Спектроскан Макс-G» или аналог) для определения массовой доли серы; оптимизация графика выездов с сокращением интервала проверок в удаленных зонах с 3 до 2 месяцев; внедрение цифрового чек-листа и интеграции с ЕСИМ; организация двухступенчатого контроля (экспресс-анализ с последующим подтверждением в стационарной лаборатории при необходимости).

Ожидаемые результаты внедрения мероприятий: предотвращение выбросов SO_2 не менее 90 кг/год (до 380 кг/год с учетом максимального сценария); снижение риска разливов топлива на 60 %; сокращение времени выявления некачественного топлива с 3 месяцев до 5–15 минут; экономический эффект около 1,62 млн руб./год; окупаемость оборудования 2–2,5 года. Предложения переданы руководству испытательной лаборатории АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» для включения в программу технического переоснащения на 2027–2028 гг. Разработанная двухступенчатая схема контроля может быть тиражирована на других предприятиях нефтепродуктообеспечения ДФО.

Литература

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 826). – М.: Стандартинформ, 2012. – 89 с.
2. Тимофеев Ф. В., Кугай М. А. Особенности прогнозирования сроков хранения и обеспечение качества нефтепродуктов длительного хранения //Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2021. – №. 15. – С. 209–221.
3. Шувалов Г. В. и др. Метрологическое обеспечение экспресс-анализа параметров нефтепродуктов //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 1. – №. 5. – С. 37–42.
4. Шаталов К. В. Метрологическое обеспечение испытаний нефтепродуктов //Законодательная и прикладная метрология. – 2021. – №. 4. – С. 7–13.
5. Система обеспечения и контроля качества нефтепродуктов при приеме, хранении и отпуске в организациях нефтепродуктообеспечения : учебное пособие / А. М. Короленок, Е. И. Зоря, О. В. Лощенкова. – Москва: МАКС Пресс, 2019. – 244 с.
6. Капитанов Ю. Н., Сиротенко Е. М. Организация контроля качества нефти и нефтепродуктов //Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2020. – С. 89–91.
7. Сатер Н. А., Григоров А. Б., Зеленский О. И. Повышение качества нефти и экологических показателей процесса ее переработки //Экология и промышленность. – 2018. – №. 2. – С. 25–29.
8. Дедов А. Г. Проблемы качества нефтепродуктов и окружающая среда //Партнеры и конкуренты. – 2006. – №. 5. – С. 25–28.
9. Копыльцова А. Б., Тарасов Б. П., Петров Е. А. Контроль качества нефти и нефтепродуктов: анализ серы. Часть I. Состояние измерений в диапазоне ниже 100 мг/кг //Контроль качества продукции. – 2016. – №. 10. – С. 43– 49.
10. Шемякин Е. Л. Контроль качества нефтепродуктов (на примере ОАО" Роснефть") //Ученые заметки ТОГУ. – 2015. – Т. 6. – №. 4. – С. 99–102.
11. Алаторцев Е. И. Комплексное совершенствование контроля качества на НПЗ //Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2016. – №. 2. – С. 21–25.
12. Стандарт АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» «Мобильные лаборатории контроля качества нефтепродуктов. Основные требования»

(утв. приказом и.о. генерального директора К.А. Зернина от 16.12.2024 № 19-17-0239/1). – Хабаровск, 2024. – 35 с.

13. ГОСТ 2517–2012. Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 28 с.

14. Внутренняя инструкция АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» «Порядок отбора, маркировки, транспортировки и хранения проб нефтепродуктов» (утв. 15.02.2024). – Хабаровск, 2024. – 18 с.

Modernization of a mobile laboratory complex for monitoring the quality of motor fuel to reduce environmental risks (using the example of JSC NNK-Khabarovsknefteprodukt)

Boyarshinova Yu.V., Volosnikova G.A.
Pacific National University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper proposes a solution to the problem of improving the environmental safety of the activities of JSC "NNK-Khabarovsknefteproduct" by modernizing the mobile laboratory complex for monitoring motor fuel quality. Based on an analysis of the existing workflow system of the testing laboratory of JSC "NNK-Khabarovsknefteproduct," a key limitation was identified—the lack of equipment for the rapid determination of the mass fraction of sulfur at the sampling site, which increases environmental risks associated with the use of low-quality fuel. Statistical processing of test reports for 2025 confirmed the regularity of violations regarding this indicator. A study of best practices at PJSC "Rosneft" and PJSC "Gazprom Neft" demonstrated the effectiveness of mobile laboratories equipped with XRF analyzers. To address the identified problems, a set of measures has been developed to optimize the activities of the testing laboratory, including the technical modernization of the mobile laboratory complex. An economic-environmental model is proposed to assess the efficiency of implementing an XRF analyzer, which allows for the reduction of environmental risks and costs associated with fuel conformity verification.

Keywords: petroleum product quality control, motor fuel, testing laboratory, mobile fuel quality control service, sampling, environmental risks, control frequency, express analysis, emission reduction, environmental and economic efficiency.

References

1. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 013/2011 "On the Requirements for Automobile and Aviation Gasoline, Diesel and Marine Fuel, Jet Fuel and Fuel Oil" (approved by Decision of the Customs Union Commission dated 18.10.2011 No. 826). – M.: Standartinform, 2012. – 89 p.
2. Timofeev F.V., Kugai M.A. Features of Forecasting Shelf Life and Ensuring the Quality of Long-Storage Petroleum Products // Innovative Technologies for the Production and Storage of Material Assets for State Needs. – 2021. – No. 15. – pp. 209–221.
3. Shuvalov G. V. et al. Metrological support for express analysis of petroleum product parameters // Inter Expo Geo-Siberia. – 2018. – Vol. 1. – No. 5. – Pp. 37–42.
4. Shatalov K. V. Metrological support for petroleum product testing // Legislative and Applied Metrology. – 2021. – No. 4. – Pp. 7–13.
5. The system of quality assurance and control of petroleum products during reception, storage and dispensing in petroleum product supply organizations: a tutorial / A. M. Korolenok, E. I. Zorya, O. V. Loshchenkova. – Moscow: MAKS Press, 2019. – 244 p.
6. Kapitanov Yu. N., Sirotenko E. M. Organization of quality control of oil and petroleum products // Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations. – 2020. – P. 89–91.
7. Sater N. A., Grigorov A. B., Zelensky O. I. Improving the quality of oil and environmental indicators of its refining process // Ecology and Industry. – 2018. – No. 2. – P. 25–29.
8. Dedov A. G. Problems of the quality of petroleum products and the environment // Partners and competitors. – 2006. – No. 5. – P. 25–28.
9. Kopyltsova A. B., Tarasov B. P., Petrov E. A. Quality control of oil and oil products: sulfur analysis. Part I. Measurement status in the range below 100 mg/kg // Product quality control. – 2016. – No. 10. – Pp. 43–49.
10. Shemyakin E. L. Quality control of oil products (on the example of Rosneft OJSC) // Scientific notes of Pacific National University. – 2015. – Vol. 6. – No. 4. – Pp. 99–102.
11. Alatorcev E. I. Comprehensive improvement of quality control at oil refineries // Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices. – 2016. – No. 2. – P. 21–25.
12. Standard of JSC NNK-Khabarovsknefteprodukt "Mobile laboratories for quality control of petroleum products. Basic requirements" (approved by order of Acting General Director K. A. Zernin dated 16.12.2024 No. 19-17-0239/1). – Khabarovsk, 2024. – 35 p.
13. GOST 2517–2012. Oil and Oil Products. Sampling Methods. – Introduced on January 1, 2014. – Moscow: Standartinform, 2019. – 28 p.
14. Internal Instruction of JSC NNK-Khabarovsknefteprodukt “Procedure for Sampling, Labeling, Transportation, and Storage of Oil Product Samples” (approved on February 15, 2024). – Khabarovsk, 2024. – 18 p.

Безопасность использования публичных сетей Wi-Fi: угрозы, меры защиты и оценка эффективности

Круглов Анатолий Михайлович
ассистент, МИРЭА – Российский технологический университет, kruglov@mirea.ru,

Ухинова Наталья Нимажаповна
студент, МИРЭА – Российский технологический университет, nukhinova@yandex.ru,

Воронович Олеся Алексеевна
студент, МИРЭА – Российский технологический университет, Kecmi.mi@yandex.ru,

Едличко Мария Владимировна
студент, МИРЭА – Российский технологический университет, me.567@yandex.ru

В статье рассматриваются угрозы информационной безопасности, возникающие при использовании публичных сетей Wi-Fi, и анализируются меры снижения риска при подключении к открытым и условно защищенным беспроводным сетям. Особое внимание уделено особенностям WLAN на базе семейства стандартов IEEE 802.11, атакам типа Man-in-the-Middle, созданию поддельных точек доступа, перехвату сетевого трафика, рискам устаревших механизмов шифрования и роли человеческого фактора. На основе нормативных, технических и аналитических источников выполнена экспертная сравнительная оценка защитных мер по критериям конфиденциальности, аутентификации, устойчивости к поддельным точкам доступа, удобства применения и организационной управляемости. Результаты показывают, что наибольший эффект достигается не отдельным средством защиты, а сочетанием современных механизмов WLAN, HTTPS/TLS, доверенного VPN, регулярного обновления устройств и пользовательской кибергигиены.
Ключевые слова: Wi-Fi, WLAN, IEEE 802.11, публичные сети, информационная безопасность, WPA3, VPN, TLS, Man-in-the-Middle, кибергигиена.

Введение

Публичные сети Wi-Fi стали частью повседневной цифровой инфраструктуры: они используются в транспорте, гостиницах, образовательных организациях, торговых центрах, коворкингах и иных общественных пространствах. Доступность таких сетей повышает удобство работы с интернет-сервисами, однако одновременно формирует особую среду риска, поскольку пользователь подключается к инфраструктуре, которой не управляет и техническое состояние которой не может достоверно оценить.

В отличие от проводных соединений, беспроводная передача данных осуществляется по радиоканалу. Это делает возможным пассивное наблюдение за сетевой активностью, активное вмешательство в обмен данными и создание поддельных точек доступа, имитирующих легитимную сеть. NIST указывает, что WLAN обычно требуют усиленного внимания к конфигурации, мониторингу и управлению безопасностью на всем жизненном цикле беспроводной инфраструктуры [2].

Дополнительную актуальность проблеме придает устойчиво высокий уровень сетевых угроз, связанных с вредоносными веб-ресурсами, фишингом, банковским вредоносным программным обеспечением и компрометацией пользовательских устройств. В статистическом отчете Kaspersky Security Bulletin 2024 фиксируется высокая интенсивность атак, инициированных с интернет-ресурсов, что подтверждает практическую значимость защиты пользователей при работе в публичной сетевой среде [9].

Цель исследования состоит в систематизации угроз публичных сетей Wi-Fi и сравнительной экспертной оценке мер защиты пользователей. Для достижения цели решены следующие задачи: уточнены технические особенности публичных WLAN; рассмотрены основные сценарии атак; проанализированы рекомендации NIST, NSA/CISA, IETF, OWASP, ENISA, Kaspersky и материалы по механизмам WPA3-SAE и Opportunistic Wireless Encryption; предложена система критериев для сопоставления защитных мер.

Обзор литературы

Техническую основу публичных Wi-Fi сетей образует семейство стандартов IEEE 802.11, определяющее беспроводную локальную связь на уровнях MAC и PHY [1]. Наличие общего радиоканала и высокая доступность точки доступа делают WLAN удобным инструментом подключения, но одновременно создают предпосылки для перехвата трафика, анализа метаданных и атак на процедуры аутентификации.

Рекомендации NIST SP 800-153 подчеркивают необходимость комплексного подхода к защите WLAN, включающего проектирование, безопасную конфигурацию, мониторинг, управление ключами и регулярное обновление параметров безопасности [2]. Более раннее руководство NIST SP 800-97 детализирует механизмы устойчивых защищенных сетей IEEE 802.11i и показывает, почему WEP и иные устаревшие схемы не должны применяться для защиты современных беспроводных соединений [3].

Практические рекомендации NSA/CISA по защите беспроводных устройств в общественных местах рассматривают публичный Wi-Fi как среду повышенного риска и рекомендуют избегать подключения к таким сетям при работе с чувствительными данными, а при необходимости использовать дополнительные меры, включая VPN, HTTPS и отключение автоматического подключения [4]. Эти рекомендации важны именно для пользовательского уровня, поскольку большая часть инцидентов начинается не с взлома инфраструктуры, а с ошибочного выбора сети или игнорирования предупреждений безопасности.

Современные средства защиты веб-соединений опираются на TLS. RFC 8446 определяет TLS 1.3 как протокол, предназначенный для защиты клиент-серверного взаимодействия от прослушивания, подмены и фальсификации сообщений [7]. Практические рекомендации OWASP дополняют это требованиями к корректной настройке TLS, проверке сертификатов и запрету устаревших версий протокола [8]. Однако TLS защищает прикладное соединение, но не устраняет все риски публичной Wi-Fi среды, например подключение к поддельной точке доступа или компрометацию конечного устройства.

Отдельный блок литературы связан с пользовательской осведомленностью. ENISA рассматривает повышение киберграмотности как элемент национальных стратегий кибербезопасности и связывает устойчивость цифровой среды не только с технологиями, но и с поведением пользователей [10]. В контексте публичного Wi-Fi это означает необходимость понятных правил:

проверять имя сети, не передавать конфиденциальные сведения без защищенного канала, отключать автоподключение, обновлять устройства и использовать надежные механизмы аутентификации.

Методология исследования

Исследование выполнено методом сравнительного анализа и сценарного моделирования угроз. В качестве базового сценария рассматривается подключение пользователя к публичной сети Wi-Fi в общественном месте. Сравнение проводится для нескольких вариантов защиты: открытая сеть без шифрования, WPA2-PSK, WPA3-SAE, Wi-Fi Enhanced Open, HTTPS/TLS, VPN в сочетании с HTTPS и использование мобильной точки доступа.

Для оценки применена экспертная пятибалльная шкала, где 1 означает минимальный вклад меры в снижение риска, а 5 — высокий вклад при корректной реализации. Оценка не является статистическим измерением вероятности атаки; она отражает сопоставление мер по пяти критериям: конфиденциальность передаваемых данных, надежность аутентификации, устойчивость к поддельным точкам доступа, удобство применения и управляемость защиты. Такой подход позволяет избежать неподтвержденных количественных утверждений и сохранить сопоставимость результатов.

Модель угроз публичных Wi-Fi сетей

Модель угроз публичной Wi-Fi сети включает как технические, так и поведенческие факторы. К техническим факторам относятся отсутствие шифрования на канальном уровне, использование устаревших протоколов, ошибки настройки точки доступа, недостаточная изоляция клиентов, отсутствие мониторинга и слабые механизмы управления ключами. К поведенческим факторам относятся подключение к неизвестной сети, согласие с поддельными страницами авторизации, передача платежных данных без проверки защищенного соединения и использование устаревшего программного обеспечения.

Одним из наиболее опасных сценариев является создание rogue access point или evil twin. В этом случае злоумышленник разворачивает точку доступа с именем, похожим на название легитимной сети. Пользователь, ориентируясь только на SSID, может подключиться к такой сети и передать трафик через инфраструктуру атакующего. Даже если содержимое защищено HTTPS, злоумышленник получает метаданные, может проводить фишинг, перенаправление на поддельные ресурсы и попытки атаки на устройство.

Другой распространенный сценарий — Man-in-the-Middle. Он предполагает, что атакующий оказывается между пользователем и удаленным сервисом и пытается прослушивать либо изменять трафик. Корректно реализованный TLS существенно ограничивает возможность чтения и подмены содержимого соединения, однако не защищает от всех сопутствующих угроз, включая фишинг, вредоносные captive portal-страницы и компрометацию самого устройства.

Отдельную группу составляют угрозы, связанные с вредоносным программным обеспечением. Подключение к публичной сети само по себе не заражает устройство, однако создает условия для доставки вредоносных ссылок, ложных обновлений, поддельных страниц входа и эксплуатации уязвимостей устаревших приложений. Поэтому рекомендации по обновлению операционных систем и программного обеспечения имеют прямое отношение к безопасности использования публичного Wi-Fi.

Таблица 1
Основные угрозы публичных Wi-Fi сетей и базовые меры противодействия

Угроза	Содержание риска	Меры противодействия
Открытая сеть без шифрования	Пассивный перехват и анализ трафика, видимость метаданных, отсутствие защиты на канальном уровне	Не использовать для конфиденциальных операций; применять HTTPS и VPN; по возможности выбирать мобильный интернет
Поддельная точка доступа (evil twin)	Подмена SSID, фишинговая авторизация, перенаправление на вредоносные ресурсы	Проверять имя сети у владельца площадки; отключать автоподключение; не игнорировать предупреждения браузера
Man-in-the-Middle	Попытка перехвата и модификации обмена между пользователем и сервисом	Использовать TLS 1.3/HTTPS, VPN, проверять сертификаты и домен сайта
Устаревшие протоколы WLAN	Слабая криптографическая защита, риск компрометации ключей	Исключать WEP и устаревшие варианты WPA; использовать WPA2/WPA3 при доступности
Компрометация устройства	Эксплуатация уязвимостей ОС, браузера, клиента VPN или приложений	Регулярно обновлять ПО, использовать антивредоносную защиту, ограничивать общий доступ к файлам
Человеческий фактор	Ошибочный выбор сети, ввод паролей на поддельных страницах, слабая цифровая гигиена	Проводить обучение пользователей и применять простые правила безопасного подключения

Источник: составлено авторами на основе [2; 4; 8; 10].

Результаты сравнительного анализа

Сравнение защитных мер показывает, что открытая сеть без дополнительных механизмов защиты имеет минимальную устойчивость к перехвату и подмене трафика. Наличие HTTPS значительно повышает безопасность веб-сессий, однако не должно рассматриваться как единственная мера защиты, поскольку не устраняет риск подключения к поддельной инфраструктуре и не защищает приложения, работающие вне браузера. При интерпретации результатов таблицы следует учитывать, что приведенные баллы являются экспертной сравнительной оценкой, а не результатом статистического измерения вероятности атаки.

WPA2-PSK остается распространенным механизмом защиты, но при использовании общего пароля в публичном месте его ценность ограничена: пароль могут знать все посетители, а сама сеть не всегда обеспечивает достаточную изоляцию клиентов. WPA3-SAE повышает устойчивость к атакам на пароль и улучшает процедуру аутентификации за счет применения парольного обмена ключами, устойчивого к пассивным и офлайн-словарным атакам [5]. Wi-Fi Enhanced Open, основанный на Opportunistic Wireless Encryption, повышает конфиденциальность передачи в открытых сетях, но не обеспечивает полноценную аутентификацию точки доступа [6].

VPN в сочетании с HTTPS показывает высокий уровень защиты содержимого трафика. При этом доверие переносится с владельца публичной точки доступа на провайдера VPN, поэтому выбирать следует только надежные и проверенные решения. Для критически важных операций — интернет-банкинга, доступа к корпоративной почте, работе с государственными сервисами и административными панелями — более безопасной альтернативой является отказ от публичного Wi-Fi в пользу мобильного интернета или персональной точки доступа. Сравнение мер защиты представлено в Таблице 2.

Таблица 2
Сравнение мер защиты по экспертной пятибалльной шкале

Мера защиты	C	A	R	U	M
Открытый Wi-Fi без шифрования	1.0	1.0	1.0	5.0	2.0
WPA2-PSK с общим паролем	3.0	3.0	2.0	4.0	3.0
WPA3-SAE	4.0	4.5	3.0	3.5	3.5
Wi-Fi Enhanced Open	3.0	1.0	1.5	4.0	3.0
HTTPS/TLS 1.3	4.0	3.0	2.0	5.0	4.0
VPN + HTTPS/TLS	4.5	3.5	2.5	3.0	4.0
Мобильная точка доступа	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0

Условные обозначения: C — конфиденциальность; A — аутентификация; R — устойчивость к поддельным точкам доступа; U — удобство применения; M — управляемость защиты. Источник: составлено авторами.

Таблица 3
Рекомендуемые меры защиты в зависимости от сценария использования

Сценарий использования	Уровень риска	Рекомендуемая стратегия
Повседневный просмотр открытых ресурсов	Средний	Проверить имя сети; использовать HTTPS; отключить общий доступ к файлам
Авторизация в почте, мессенджерах, облачных сервисах	Повышенный	Использовать HTTPS/TLS и двухфакторную аутентификацию; включить VPN
Работа с корпоративной информацией	Высокий	Использовать доверенный VPN, корпоративные политики доступа и актуальное ПО; избегать неизвестных сетей
Банковские операции и государственные сервисы	Критический	Предпочитать мобильный интернет или персональную точку доступа; не вводить данные при предупреждениях браузера
Подключение в командировке или аэропорту	Высокий	Отключить автоподключение; уточнить официальный SSID; использовать VPN и обновленные устройства

Источник: составлено авторами на основе [4; 8; 10].

Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают, что защита публичного Wi-Fi не может быть сведена к одному техническому инструменту. Открытая сеть остается наиболее рискованным вариантом, поскольку пользователь не получает ни шифрования на канальном уровне, ни надежной аутентификации точки доступа. При этом высокая удобность подключения в такой сети фактически достигается за счет снижения безопасности.

Современные механизмы WLAN повышают устойчивость соединения, но их возможности ограничены границами сети. WPA3-SAE усиливает защиту процедуры подключения, а Wi-Fi Enhanced Open обеспечивает индивидуализированное шифрование в открытых сетях [5; 6]. Однако отсутствие полноценной аутентификации владельца сети при ис-

пользовании открытых публичных сетей оставляет риск evil twin. Поэтому пользователь не должен ориентироваться только на наличие значка Wi-Fi или сходство названия сети.

HTTPS/TLS и VPN решают разные задачи. TLS защищает конкретное клиент-серверное соединение и при корректной настройке препятствует прослушиванию и подмене содержимого веб-сессии [7; 8]. VPN создает дополнительный зашифрованный туннель для сетевого трафика, но требует доверия к провайдеру VPN и правильной настройки клиента. На практике оптимальной является комбинация: проверенная сеть, HTTPS, VPN для чувствительных операций, отключенное автоподключение и обновленное устройство.

Существенную роль играет человеческий фактор. Пользовательские ошибки способны нейтрализовать сильные технические меры: ввод учетных данных на фишинговой странице, игнорирование предупреждений о сертификате, установка ложных обновлений или подключение к сети с похожим названием сохраняют высокий риск компрометации. Поэтому повышение киберграмотности должно рассматриваться как обязательная часть защиты публичных сетей Wi-Fi, а не как вспомогательное мероприятие.

Заключение

В ходе исследования рассмотрены основные угрозы публичных сетей Wi-Fi и проанализированы современные меры защиты пользователей. Установлено, что ключевые риски связаны с открытым радиоканалом, слабой или отсутствующей аутентификацией точки доступа, возможностью создания поддельных сетей, атаками типа Man-in-the-Middle, использованием устаревших протоколов и ошибками пользователей.

Сравнительная экспертная оценка показала, что наиболее высокий уровень практической защиты достигается при комплексном применении мер: использовании современных механизмов WLAN, защищенных веб-соединений HTTPS/TLS, доверенного VPN, регулярного обновления программного обеспечения, отказа от автоподключения и внимательной проверки имени сети. Для критически важных операций предпочтительным остается использование мобильной сети или персональной точки доступа вместо публичного Wi-Fi.

Практическая значимость работы заключается в формировании структурированной модели угроз и рекомендаций, применимых как для индивидуальных пользователей, так и для организаций, сотрудники которых используют публичные сети при удаленной работе. Перспективным направлением дальнейшего исследования является разработка количественной модели риска, учитывающей тип устройства, используемые приложения, способ аутентификации и уровень цифровой грамотности пользователя.

Литература

1. IEEE 802.11 Working Group. IEEE 802.11: The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. URL: https://www.ieee802.org/11/ (дата обращения: 26.05.2026).
2. Souppaya M., Scarfone K. Guidelines for Securing Wireless Local Area Networks (WLANs). NIST Special Publication 800-153. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2012. URL: https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/153/final (дата обращения: 26.05.2026).
3. Frankel S., Eydt B., Owens L., Scarfone K. Establishing Wireless Robust Security Networks: A Guide to IEEE 802.11i. NIST Special Publication 800-97. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2007. URL: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-97.pdf (дата обращения: 26.05.2026).
4. National Security Agency; Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. Securing Wireless Devices in Public Settings: Cybersecurity Information Sheet. 2021. URL: https://media.defense.gov/2021/Jul/29/2002815141/-1/-1/0/CSI_SECURING_WIRELESS_DEVICES_IN_PUBLIC.PDF (дата обращения: 26.05.2026).
5. Harkins D. Dragonfly Key Exchange. RFC 7664. Internet Engineering Task Force, 2015. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7664 (дата обращения: 26.05.2026).
6. Harkins D., Zorn G. Opportunistic Wireless Encryption. RFC 8110. Internet Engineering Task Force, 2017. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8110 (дата обращения: 26.05.2026).
7. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. RFC 8446. Internet Engineering Task Force, 2018. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446 (дата обращения: 26.05.2026).
8. OWASP Foundation. Transport Layer Security Cheat Sheet. URL: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Transport_Layer_Security_Cheat_Sheet.html (дата обращения: 26.05.2026).
9. «Лаборатория Касперского». Kaspersky Security Bulletin 2024: статистика. Securelist, 2024. URL: https://securelist.com/ksb-2024-statistics/114795/ (дата обращения: 26.05.2026).
10. ENISA. Raising Awareness of Cybersecurity: A Key Element of National Cybersecurity Strategies. European Union Agency for Cybersecurity, 2021. URL: https://www.enisa.europa.eu/publications/raising-awareness-of-cybersecurity (дата обращения: 26.05.2026).

Public wi-fi security: threats, protection measures, and effectiveness assessment

Kruglov A.M., Ukhinova N.N., Voronovich O.A., Edlichko M.V.
MIREA – Russian Technological University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines information security threats that arise when users connect to public Wi-Fi networks and analyzes measures for reducing risks in open and conditionally protected wireless environments. The study focuses on WLAN features based on the IEEE 802.11 family of standards, Man-in-the-Middle attacks, rogue access points, traffic interception, risks of outdated encryption mechanisms, and the human factor. Based on regulatory, technical, and analytical sources, the authors provide an expert comparative assessment of protective measures using the criteria of confidentiality, authentication, resistance to rogue access points, usability, and organizational manageability. The results show that the strongest effect is achieved not by a single security tool, but by combining modern WLAN mechanisms, HTTPS/TLS, trusted VPN, regular device updates, and user cyber hygiene.

Keywords: Wi-Fi, WLAN, IEEE 802.11, public networks, information security, WPA3, VPN, TLS, Man-in-the-Middle, cyber hygiene.

References

1. IEEE 802.11 Working Group. IEEE 802.11: The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. Available at: https://www.ieee802.org/11/ (accessed 26.05.2026).
2. Souppaya M., Scarfone K. Guidelines for Securing Wireless Local Area Networks (WLANs). NIST Special Publication 800-153. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2012. Available at: https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/153/final (accessed 26.05.2026).
3. Frankel S., Eydt B., Owens L., Scarfone K. Establishing Wireless Robust Security Networks: A Guide to IEEE 802.11i. NIST Special Publication 800-97. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2007. Available at: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-97.pdf (accessed 26.05.2026).
4. National Security Agency; Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. Securing Wireless Devices in Public Settings: Cybersecurity Information Sheet. 2021. Available at: https://media.defense.gov/2021/Jul/29/2002815141/-1/-1/0/CSI_SECURING_WIRELESS_DEVICES_IN_PUBLIC.PDF (accessed 26.05.2026).
5. Harkins D. Dragonfly Key Exchange. RFC 7664. Internet Engineering Task Force, 2015. Available at: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7664 (accessed 26.05.2026).
6. Harkins D., Zorn G. Opportunistic Wireless Encryption. RFC 8110. Internet Engineering Task Force, 2017. Available at: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8110 (accessed 26.05.2026).
7. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. RFC 8446. Internet Engineering Task Force, 2018. Available at: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446 (accessed 26.05.2026).
8. OWASP Foundation. Transport Layer Security Cheat Sheet. Available at: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Transport_Layer_Security_Cheat_Sheet.html (accessed 26.05.2026).
9. Kaspersky. Kaspersky Security Bulletin 2024: Statistics. Securelist, 2024. Available at: https://securelist.com/ksb-2024-statistics/114795/ (accessed 26.05.2026).
10. ENISA. Raising Awareness of Cybersecurity: A Key Element of National Cybersecurity Strategies. European Union Agency for Cybersecurity, 2021. Available at: https://www.enisa.europa.eu/publications/raising-awareness-of-cybersecurity (accessed 26.05.2026).

Опыт регулирования социальных сетей в Китае: кейс Xiaohongshu и возможности адаптации в России

Выходцева Елена Анатольевна
кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры управления проектом, Государственный университет управления,
ea_vykhodtseva@guu.ru,

Карпачева Варвара Алексеевна
студент, Государственный университет управления,
karpacheva.varvara05@gmail.com,

Долматович Игорь Александрович
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры управления проектом, Государственный университет управления, dolmigor@yandex.ru,

Геокчакян Артём Геворгович
старший преподаватель кафедры управления проектом, Государственный университет управления, geokchakyan@guu.ru,

Яхъя Лайс
аспирант, Государственный университет управления, laythyh7@gmail.com

Статья посвящена анализу китайской модели государственного регулирования социальных сетей на примере платформы Xiaohongshu (RedNote) и оценке возможностей адаптации опыта Китая в России. На основе кейса Xiaohongshu показано, что усиление государственного регулирования не препятствует росту вовлеченности аудитории при условии выстраивания диалога между платформами и государством. В исследовании выявлены различия между китайской и российской моделями регулирования, а также определены точки сближения, включая локализацию данных, расширение полномочий органов государственного регулирования и контроля и развитие национальных платформ. Обоснован вывод о необходимости перехода России от политики блокировок к более структурированной и превентивной системе, встраиванию регуляторных требований в архитектуру платформ на этапе разработки.
Ключевые слова: социальные сети, государственное регулирование, цифровой суверенитет, Китай, Россия, Xiaohongshu.

Введение

Актуальность исследования обусловлена продолжающейся системной трансформацией подходов к регулированию социальных сетей и цифровых платформ в России и Китае. В обеих странах вопросы цифрового суверенитета и контроля информационных потоков выходят на первый план. В этих условиях критическим фактором успеха становится способность цифровых платформ сохранять устойчивое развитие при одновременном ужесточении государственных требований [1]. Опыт КНР демонстрирует, что устойчивый рост социальных сетей и цифровых платформ устойчивость может достигаться за счет встраивания регуляторных норм в технологическую архитектуру платформ.

Настоящее исследование направлено на изучение опыта государственного регулирования социальных сетей в КНР на примере платформы Xiaohongshu, выявления особенностей китайской модели государственного регулирования и ее отличий от российской модели, а также возможностей переноса китайского опыта в российскую практику с учетом сложившихся инфраструктурных и правовых различий. В основе данного исследования лежат методы сравнительного анализ законодательства Китая и России, а также кейс-стади для изучения платформы Xiaohongshu.

Китайская модель государственного регулирования социальных сетей

Ключевым регулирующим органом в сфере интернета и социальных сетей в КНР является Администрация киберпространства Китая (АКК), которая ведёт национальный реестр алгоритмов, осуществляет лицензирование деятельности платформ и утверждает регистрационные заявки [3]. Поддержку обеспечивают Министерство промышленности и информационных технологий (МПИТ; англ. MIIT — Ministry of Industry and Information Technology), Государственное управление по регулированию рынка (ГУРР; англ. SAMR — State Administration for Market Regulation) [4] и Министерство общественной безопасности (МОБ; англ. MPS — Ministry of Public Security) [5].

Требования к хранению и защите данных закреплены на законодательном уровне: Закон о защите персональных данных КНР (англ. PIPL — Personal Information Protection Law of the People's Republic of China, 2021) и Закон о безопасности данных КНР (англ. DSL — Data Security Law of the People's Republic of China, 2021) устанавливают обязательную локализацию персональных данных граждан КНР на серверах, расположенных на территории страны [6].

Отличительным принципом китайской модели является её превентивный характер: государственные требования встраиваются в процессы разработки платформ и воспринимаются как неотъемлемая часть функционального проектирования, а не как внешние предписания. Это реализуется через механизм трехстороннего взаимодействия между разработчиками платформ, их операторами и проверяющими органами.

В 2025 году Администрация киберпространства Китая (АКК; англ. CAC - Cyberspace Administration of China) в рамках кампании «Чистый интернет» (англ. Qinglang Operation) провела профилактические беседы с крупнейшими платформами, включая Douyin и Xiaohongshu, указав на необходимость бороться с «легковесным» контентом (слухами о личной жизни публичных персон и других тем, наносящих ущерб информационной экосистеме), оптимизировать алгоритмы рекомендаций, бороться с «информационными коконами» и повышать прозрачность алгоритмических решений [3; 10].

С 1 сентября 2025 года в Китае вступили в силу правила, обязывающие все крупные социальные платформы, включая WeChat, Douyin, Weibo и Xiaohongshu, маркировать любой контент, созданный с использованием технологий искусственного интеллекта, как явными пометками для пользователей, так и скрытыми тегами [8]. В ответ платформы встроили это требование в процесс публикации: если пользователь не проставляет маркировку самостоятельно, система автоматически добавляет соответствующую метку на основе алгоритмов обнаружения [9; 11].

С 2026 года вступили в силу новые нормы, запрещающие распространение запрещенного контента даже в личной переписке [12].

В Китае выстроена система непрерывного диалога между платформами и государством. Диалог реализуется через профилактические встречи, создание специальных рабочих групп по мониторингу трендов и долгосрочные тематические кампании. Такой подход позволяет плат-

формам получать обратную связь от регулирующих организаций до запуска нового функционала и избегать принудительных предписаний постфактум.

Кейс платформы Xiaohongshu в условиях ужесточения требований

Сегодня китайская социальная сеть и платформа электронной коммерции Xiaohongshu (англ. RedNote, или Little Red Book) представляет собой уникальный пример успешного развития в условиях последовательного ужесточения государственного регулирования цифрового пространства, включая требования к модерации контента, маркировке рекламы и защите несовершеннолетних. Запущенная в 2013 году как сервис для обмена отзывами о товарах, сегодня Xiaohongshu является одной из наиболее влиятельных платформ Китая с ежемесячной аудиторией 350 млн активных пользователей [7].

Платформа объединила функции фото и видеосервиса, поисковика рекомендаций по стилю жизни, косметике и путешествиям, а также площадки электронной торговли. Ключевой особенностью Xiaohongshu в контексте настоящей статьи является способность сохранять высокую вовлеченность аудитории, несмотря на постоянное усиление государственного регулирования и контроля.

В 2025–2026 годах платформа Xiaohongshu подверглась очередной волне ужесточения регулирования. Были введены требования по маркировке контента, созданного с помощью технологий искусственного интеллекта, запрет на создание фиктивных аккаунтов, а также система обязательного лицензирования для медицинского и эстетического контента [2].

По результатам кампании «Чистый интернет» платформа Xiaohongshu внедрила функции «оценки и корректировки контентных предпочтений» и «расширенного поиска», позволяющие пользователям самостоятельно управлять разнообразием получаемого контента [16].

Несмотря на усиление регулирования, платформа Xiaohongshu продолжает демонстрировать устойчивый рост и привлекательность для международных брендов. В 2025 году платформа привлекла внимание мирового сообщества как альтернативная площадка для пользователей TikTok после угрозы блокировки в США [17].

Различия Российской и Китайской моделей регулирования

Регулирование социальных сетей в Китае и России представляет собой две различные модели, сформировавшиеся под влиянием исторических, технологических и геополитических факторов. Если в КНР последовательно выстраивалась система превентивного, формализованного контроля с акцентом на регулирование алгоритмов и лицензирование деятельности, то в России исторически сформировалась реактивная, инфраструктурно-ориентированная модель, основанная на блокировках и ограничении доступа. В последние годы, однако, наблюдается сближение подходов, особенно в контексте стремления обеих стран к цифровому суверенитету [13].

Основным техническим инструментом российского регулирования являются технические средства противодействия угрозам (ТСПУ) — специализированные программно-аппаратные комплексы, устанавливаемые интернет-провайдером для фильтрации трафика. В ноябре 2025 года Правительство РФ опубликовало новую редакцию Правил централизованного управления сетью связи общего пользования, расширяющую перечень оснований, при которых Роскомнадзор может вмешиваться в маршрутизацию интернет-трафика [18].

Первое принципиальное различие двух моделей касается подхода к регулированию алгоритмов. В Китае создана формализованная система обязательной регистрации алгоритмов с детальными требованиями к прозрачности и документации. В России регулирование алгоритмов находится на начальном этапе: основное внимание законодательства сосредоточено на защите данных и ограничении деятельности иностранных аналитических компаний [14].

Второе различие касается структуры надзора. Китайская модель предполагает трёхуровневую систему с АКК в качестве центрального регулирующего органа. Российская система, напротив, сосредоточена на инфраструктурном контроле через Роскомнадзор, который выдаёт предписания операторам связи и регулирует применение ТСПУ.

Третье различие — в подходе к иностранным платформам. В КНР к 2009 году был полностью заблокирован доступ к западным платформам, что позволило создать изолированную цифровую экосистему. В России долгое время сохранялся доступ к зарубежным сервисам, вводились лишь постепенные ограничения, и только в последние годы осуществлен переход к более жесткой политике блокировок [15].

Сближение подходов и возможности адаптации

И Россия, и Китай движутся в сторону более структурированного и предсказуемого регулирования. В КНР это выражается в формализации требований через реестры алгоритмов и регулярную публикацию сведений о зарегистрированных алгоритмических системах. В России — через расширение полномочий Роскомнадзора, уточнение правил централизованного управления сетью и создание нормативной базы суверенного Рунета.

Общим направлением сближения становится регулирование хранения данных. Обе страны требуют локализации персональных данных на своей территории: Китай - через Закон о защите персональных данных и Закон о безопасности данных КНР [6], Россия - через Федеральный закон «О деятельности иностранных лиц в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" на территории РФ» («закон о приземлении») и требования к операторам связи [20].

В РФ и КНР активно развиваются национальные альтернативы зарубежным платформам. В Китае это экосистема WeChat, Douyin и Xiaohongshu; в России — мессенджер «Макс», социальная сеть «ВКонтакте» и ряд других отечественных сервисов.

Ключевым изменением, вступившим в силу с 1 января 2026 года, стало постановление Правительства Российской Федерации, увеличивающее срок хранения данных о действиях пользователей с одного года до трех лет. Интернет-платформы, включенные в реестр организаторов распространения информации (ОРИ), обязаны хранить текстовые сообщения, голосовые записи, изображения, аудио- и видеоматериалы, а также персональные данные пользователей в течение 36 месяцев и передавать их по запросу органов, осуществляющих оперативно-разыскную деятельность [19].

Отдельного внимания заслуживает ужесточение требований к владельцам каналов и страниц в социальных сетях в РФ, в том числе размещению рекламы, повторному распространению (репостам) материалов, опубликованных незарегистрированными авторами.

Как показывает опыт китайских платформ, соблюдение регуляторных требований не может оставаться внешней функцией, подключаемой после выхода продукта. В российских условиях это означает необходимость включения юристов и специалистов по взаимодействию с органами государственного регулирования в процессы проектирования платформ на этапе формирования технических требований. Кроме того, следование отраслевым рекомендациям по добросовестным практикам позволит платформам демонстрировать готовность к сотрудничеству с регулирующими организациями и снижать вероятность применения жестких санкций.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что китайская и российская модели регулирования социальных сетей и цифровых платформ демонстрируют тенденцию к сближению, несмотря на различия в исторических и технологических предпосылках. Основными точками сближения подходов к регулированию выступают требования к локализации персональных данных, усиление надзора за алгоритмами рекомендаций и последовательное ограничение присутствия иностранных платформ.

Опыт китайской платформы Xiaohongshu подтверждает, что государственное регулирование не препятствует росту вовлеченности аудитории и популярности платформы при условии сохранения диалога между государством и платформами и внедрения превентивных мер.

Ключевой вывод для российской практики заключается в необходимости перехода от реактивной модели блокировок к более формализованной и превентивной системе.

Ограничения исследования связаны с краткосрочностью наблюдаемого периода (2024–2026 гг.) и сложностью верификации некоторых данных о деятельности китайских регулирующих органов.

Перспективы дальнейших исследований включают сравнительный анализ маркировки контента, создаваемого ИИ, в России и Китае, прозрачности алгоритмов, а также опыта стран БРИКС.

Литература

1. Apenko S. N., Fomina Iu. A. Analysis of the Maturity of Sustainable Project Management in Russian Enterprises in the Transition to the Digital Economy // Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. – 2019. – Vol. 12, No. 4. – P. 530-544. – DOI 10.17516/1997-1370-0407. – EDN XTWHKZ.

2. China targets AI misuse in 2025 cyberspace cleanup initiative. URL: https://regional.chinadaily.com.cn/wic/2025-02/23/c_1072781.htm

3. Cyberspace Administration of China (CAC). URL: https://www.cac.gov.cn

4. Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China https://www.miit.gov.cn/

5. Ministry of Public Security of the People's Republic of China https://www.mps.gov.cn/

6. Personal Information Protection Law of the People's Republic of China, 2021. URL: http://en.npc.gov.cn.cdurl.cn/2021-12/29/c_694559.htm

7. Xiaohongshu (RedNote). Official statistics. Monthly Active Users 2025. URL: https://www.xiaohongshu.com

8. Брюховецкий И. В. Правовые особенности маркировки созданного генеративным искусственным интеллектом контента в КНР // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). – 2024. – № 10(122). – С. 176-181. – DOI 10.17803/2311-5998.2024.122.10.176-181. – EDN DWBVKM.

9. В Китае ввели маркировку ИИ-контента. URL: https://www.sostav.ru/publication/v-kitae-vveli-markirovku-ii-kontenta-77831.html

10. В Китае официально запущена совместная платформа по развенчанию интернет-слухов. URL: https://www.cac.gov.cn/2018-08/30/c_1123354656.htm

11. В Китае предложили маркировать контент со сгенерированными с помощью ИИ людьми. URL: https://www.kommersant.ru/doc/8568752

12. Китай запретит непристойный контент в частных чатах в мессенджерах. URL: https://www.vedomosti.ru/technology/news/2025/12/23/1165783-kitai-zapretit

13. Коготкова И. З., Сороко Г. Я., Гусева М. Н. Развитие цифровых платформ электронной коммерции в международной и российской практике // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 6(167). – С. 842-845. – DOI 10.34925/EIP.2024.167.6.175. – EDN HEOTWH.

14. Мочалов А. Н. Прозрачность алгоритмов как правовой принцип автоматизированной обработки данных о человеке // Юридические исследования. – 2023. – № 12. – С. 77-88. – DOI 10.25136/2409-7136.2023.12.69452. – EDN EIJUVD.

15. Мэн Л. Сравнительный анализ моделей развития цифровой экономики в Китае и России // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 923-942. – DOI 10.18334/vinec.14.3.121364. – EDN FLYJVT.

16. Пичугин Н. В. Сервисная система жалоб населения КНР на нарушения в сети Интернет // Восточная Азия: факты и аналитика. – 2025. – Т. 7, № 3. – С. 20-34. – DOI 10.24412/2686-7702-2025-3-20-34. – EDN LUJCDE.

17. По следам американцев: в какие приложения ушли тиктокеры США? URL: https://www.sostav.ru/publication/po-sledam-amerikantsev-v-kakie-prilozheniya-ushli-tiktokery-ssha-72703.html

18. Постановление Правительства РФ от 27.10.2025 N 1667 "Об утверждении Правил централизованного управления сетью связи общего пользования". https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_518235/

19. Постановление Правительства РФ от 30.10.2025 N 1698 "О внесении изменения в Постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2020 г. N 1526". https://www.consultant.ru/law/hotdocs/91336.html

20. Федеральный закон от 01.07.2021 № 236-ФЗ «О деятельности иностранных лиц в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" на территории Российской Федерации» // СЗ РФ. 2021. № 27. Ст. 5176. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388781/

Experience of social media regulation in china: the Xiaohongshu case and opportunities for adaptation in Russia

Vikhodtseva E.A., Karpacheva V.A., Dolmatovich I.A., Geokchakyan A.G., Yahya Lays
State University of Management

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article analyzes the Chinese model of government regulation of social media using the Xiaohongshu (RedNote) platform as an example and assesses the potential for adapting China's experience to Russia. The Xiaohongshu case demonstrates that increased government regulation does not hinder increased audience engagement, provided a dialogue is established between the platforms and the government. The study identifies differences between the Chinese and Russian regulatory models and identifies areas of convergence, including data localization, expanded powers of government regulatory and oversight bodies, and the development of national platforms. It substantiates the conclusion that Russia needs to transition from a policy of blocking to a more structured and preventative system, integrating regulatory requirements into platform architecture at the development stage.

Keywords: social media, government regulation, digital sovereignty, China, Russia, Xiaohongshu.

References

1. Apenko S. N., Fomina Iu. A. Analysis of the Maturity of Sustainable Project Management in Russian Enterprises in the Transition to the Digital Economy // Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. – 2019. – Vol. 12, No. 4. – P. 530-544. – DOI 10.17516/1997-1370-0407. – EDN XTWHKZ.

2. China targets AI misuse in 2025 cyberspace cleanup initiative. URL: https://regional.chinadaily.com.cn/wic/2025-02/23/c_1072781.htm

3. Cyberspace Administration of China (CAC). URL: https://www.cac.gov.cn

4. Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China https://www.miit.gov.cn/

5. Ministry of Public Security of the People's Republic of China https://www.mps.gov.cn/

6. Personal Information Protection Law of the People's Republic of China, 2021. URL: http://en.npc.gov.cn.cdurl.cn/2021-12/29/c_694559.htm

7. Xiaohongshu (RedNote). Official statistics. Monthly Active Users 2025. URL: https://www.xiaohongshu.com

8. Bryukhovetsky I. V. Legal features of labeling content created by generative artificial intelligence in the PRC // Bulletin of O.E. Kutafin Moscow State Law University (MSAL). – 2024. – No. 10(122). – P. 176-181. – DOI 10.17803/2311-5998.2024.122.10.176-181. – EDN DWBVKM.

9. China Introduces Labeling of AI Content. URL: https://www.sostav.ru/publication/v-kitae-vveli-markirovku-ii-kontenta-77831.html

10. China Officially Launches Joint Platform to Debunk Internet Rumors. URL: https://www.cac.gov.cn/2018-08/30/c_1123354656.htm

11. China Proposes Labeling Content with AI-Generated People. URL: https://www.kommersant.ru/doc/8568752

12. China to ban obscene content in private chats on instant messengers. URL: https://www.vedomosti.ru/technology/news/2025/12/23/1165783-kitai-zapretit

13. Kogotkova I. Z., Soroko G. Ya., Guseva M. N. Development of digital e-commerce platforms in international and Russian practice // Economy and entrepreneurship. - 2024. - No. 6 (167). - P. 842-845. - DOI 10.34925/EIP.2024.167.6.175. - EDN HEOTWH.

14. Mochalov A. N. Transparency of algorithms as a legal principle of automated processing of human data // Legal studies. – 2023. – No. 12. – P. 77-88. – DOI 10.25136/2409-7136.2023.12.69452. – EDN EIJUVD.

15. Meng L. Comparative Analysis of Digital Economy Development Models in China and Russia // Issues of Innovative Economics. – 2024. – Vol. 14, No. 3. – P. 923-942. – DOI 10.18334/vinec.14.3.121364. – EDN FLYJVT.

16. Pichugin N. V. Service System for Complaints from the Population of the PRC about Violations on the Internet // East Asia: Facts and Analytics. – 2025. – Vol. 7, No. 3. – P. 20-34. – DOI 10.24412/2686-7702-2025-3-20-34. – EDN LUJCDE.

17. In the Footsteps of the Americans: Which Apps Have US TikTokers Moved to? URL: https://www.sostav.ru/publication/po-sledam-amerikantsev-v-kakie-prilozheniya-ushli-tiktokery-ssha-72703.html

18. RF Government Resolution No. 1667 of October 27, 2025 "On Approval of the Rules for the Centralized Management of the Public Communications Network." https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_518235/

19. Resolution of the Government of the Russian Federation of October 30, 2025 No. 1698 "On Amending Resolution of the Government of the Russian Federation of September 23, 2020 No. 1526". https://www.consultant.ru/law/hotdocs/91336.html

20. Federal Law of July 1, 2021 No. 236-FZ "On the Activities of Foreign Persons in the Information and Telecommunications Network "Internet" on the Territory of the Russian Federation" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2021. No. 27. Article 5176. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388781/

Методы повышения отказоустойчивости в распределенных сервисах

Галанина Валентина Александровна
канд. техн. наук, доцент Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), va_gal@rambler.ru

Распределенные сервисы функционируют в условиях, где отказы являются регулярным режимом работы: сетевые задержки и кратковременные разрывы, временная недоступность зависимых компонентов, перегрузка и исчерпание пулов ресурсов приводят к каскадным эффектам и ухудшению качества обслуживания. В работе систематизированы ключевые методы повышения отказоустойчивости и показано, как их применять в сервисах на Golang: тайм-ауты и отмена, повторы с экспоненциальной задержкой и случайной добавкой, автоматический выключатель, ограничение скорости запросов, изоляция ресурсов, резервные ответы, идемпотентность, репликация и наблюдаемость. Сделан акцент на практических приёмах внедрения и на влиянии каждого метода на метрики (задержка, пропускная способность, доля ошибок), а также на компромиссах и порядке композиции паттернов.

Ключевые слова: отказоустойчивость, распределенные сервисы, высоконагруженность, неоднородность, компоненты, тайм-аут, сервис, сбой, автоматический выключатель.

Введение

Отказоустойчивость распределённых сервисов формируется как ответ на базовую неоднородность самой среды: компоненты общаются по сети, делят ресурсы и при этом обновляются, и развиваются независимо [1]. Из-за этого практически неизбежны рассинхронизации, кратковременная недоступность и рост задержек [2]. На практике сбой редко выглядит как «полное отключение» — чаще это частичное ухудшение: один зависимый сервис начинает отвечать медленнее, другой выдаёт ошибки не всегда, у третьего исчерпываются соединения или раздувается очередь запросов [3]. Дальше эффект разносится по цепочке вызовов и усиливается на каждом следующем звене [4]. Можно отметить, что подобные сценарии нередко заканчиваются каскадными тайм-аутами и «несогласованным восстановлением», когда разные компоненты включают разные (иногда конфликтующие) механизмы защиты, а поведение системы в целом становится труднее предсказать [5].

Для сервисов на Golang эти вопросы приобретают заметную технологическую окраску [6]. Модель конкурентности языка позволяет почти без затрат порождать параллельные задачи, но при этом повышает риск «тихого накопления» горутин, если операции зависают, а у системы нет жёстких границ по времени выполнения и уровню параллелизма [7]. Поэтому тайм-ауты, дедлайны и корректное распространение отмены стоит рассматривать как базовый слой отказоустойчивости: именно он задаёт понятные временные границы, без которых повторы, автоматический выключатель и механизмы защиты от перегрузки либо не срабатывают вовремя, либо сами начинают усиливать деградацию [8]. В русскоязычной индустриальной практике этому соответствует принцип «проектировать на отказ»: считать нестабильность сети и аппаратные сбои нормой и заранее закладывать защитные паттерны — от автоматического выключателя до ограничения потока. Иначе рост нагрузки со временем неизбежно проявит скрытые уязвимости, которые в спокойном режиме могут долго оставаться незаметными.

Цель работы состояла в исследовании методов повышения отказоустойчивости в распределенных сервисах.

Постановка задачи. Систематизировать методы повышения отказоустойчивости и показать, как их применять в сервисах на Golang.

Теоретический анализ отказов в распределённой системе

Теоретический анализ отказов в распределённой системе удобно начинать с различения кратковременных и устойчивых сбоев: именно этот критерий чаще всего определяет выбор между повтором и быстрым отказом.

В облачных сервисах имеются нестыковки, которые носят временный характер из-за сетевых помех или недоступностью к компонентам. Эти причины длятся доли секунд и устраняются без вмешательства оператора. Существуют сбои, которые связаны с программными ошибками, с недоступностью сервисов. Поэтому эти проблемы отличаются друг от друга. В распределенных сервисах основная часть проблем относится к краткосрочным сбоям за счет высокой нагрузки и сложной сетевой архитектурой.

На этом фоне методы повышения отказоустойчивости следует рассматривать как управляемые политики, каждая из которых вмешивается в динамику «ошибка — время — нагрузка — ресурс». Тайм-ауты и отмена задают верхнюю границу удержания ресурсов и предотвращают бесконечное ожидание. Повторы с экспоненциальной задержкой и случайной добавкой повышают вероятность успеха при кратковременных сбоях, но требуют бюджетирования, иначе становятся усилителем каскада. Автоматический выключатель обеспечивает «быстрый отказ» при устойчивой деградации, снижая бесполезный расход ресурсов и давая восстановиться зависимости, но при неверных порогах может снижать полезную доступность. Ограничение скорости запросов управляет перегрузкой на входе и удерживает систему в зоне управляемой загрузки ценой намеренного снижения пропускной способности и, возможно, увеличения числа ответов «слишком много запросов». Изоляция ресурсов (перегородки) уменьшает радиус поражения, но повышает требования к настройке пулов и при неправильных лимитах создаёт очереди. Наконец, наблюдаемость и распределённая трассировка являются мета-условием: без измерения задержек, ошибок и насыщения параметры политик неминуемо становятся догадками, а не инженерным управлением.

Для анализа влияния тех, или иных методов повышения отказоустойчивости на качество работы системы, введем несколько метрик. К

ним отнесем задержку, пропускную способность и долю ошибок. Анализ работы методов и их влияния на метрики удобно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1
Анализ методов повышения отказоустойчивости по метрикам

Метод	Задержка	Пропускная способность	Доля ошибок
Таймауты	Снижают хвостовые задержки благодаря ограничению времени ожидания.	Может увеличиваться из-за высвобождения ресурсов, иногда может оставаться неизменной.	Не увеличивается при оптимальных настройках, но может увеличиваться при жестких параметрах.
Повторы	Увеличивают задержки из-за дополнительных попыток выполнения операции.	Из-за роста числа запросов, пропускная способность падает.	При кратковременных сбоях – уменьшает долю ошибок, при долгосрочных – увеличивает.
Автоматический выключатель	Косвенно снижает задержку, по факту же позволяет сервису деградировать быстрее, когда это необходимо.	Не увеличивается, но может достигать оптимальных значений конфигурации.	При открытом состоянии увеличивает долю ошибок.
Ограничение скорости	Стабилизирует задержки при перегрузке системы.	Целенаправленно снижает пропускную способность для исправления других метрик.	Снижает долю ошибок за счёт контроля нагрузки.
Перегородки	Делают задержки стабильнее.	Изменяется в меньшую сторону	Уменьшаются каскадные ошибки
Резервные ответы	Увеличивает скорость ответа при падении сервиса.	Не влияет.	Скрываются часть ошибок
Идемпотентность	Не влияет.	Не влияет.	Снижает риск дублирования операций при повторах, уменьшая тем самым долю ошибок из-за дублирования.
Репликация	Снижает задержку при отказе отдельных узлов	Повышает пропускную способность системы	Снижает вероятность отказа сервиса
Наблюдаемость и трассировка	Трассировка может минорно влиять на длину задержки, но почти незаметно.	Может незначительно снижаться из-за дополнительной телеметрии	Не уменьшает кол-во ошибок, но позволяет быстрее их находить, что приводит к косвенному количественному уменьшению.

Все эти эффекты являются основанием для первичного анализа методов перед внедрением. Необходимо отметить, что использование повторов без тайм-аутов может привести к огромному количеству «зависших» запросов, которые очень быстро приведут систему к каскаду разрушению. Именно поэтому важно четко понимать не только эффекты от самого метода, но и возможные эффекты от их различных комбинаций. Не малую роль в этом может сыграть и конкретный инструмент, с помощью которого метод и будет реализован. Именно поэтому в дальнейшем фокус разработки смещается на прикладную реализацию на языке программирования, в нашем случае – Golang.

Реализация на Golang

Практическая устойчивость Golang-сервиса обычно начинается не с внедрения архитектурных паттернов, управления временем выполнения и системными ресурсами на границах сервиса. Во многих инцидентах деградацию запускает не отсутствие circuit breaker или репликации, а неконтролируемые ожидания в сетевых операциях и постепенное накопление параллельной работы. Поэтому первый уровень защиты распределённого сервиса — аккуратно настроенные HTTP-сервер и исходящие клиенты, а также единые правила работы с контекстом выполнения. В стандартной библиотеке Golang клиент net/http устроен так, что общий тайм-аут охватывал весь жизненный цикл запроса: установление соединения, возможные редиректы и чтение тела ответа. Нулевое значение означает отсутствие тайм-аута, то есть фактически разрешение ждать бесконечно. Отмена запроса при этом выполняется через завершение контекста: транспорт реагирует на ctx.Done() так же, как на истечение времени вполнения. Если тайм-ауты не заданы явно, сервис начинает «обрастать» горутинами, которые висят в ожидании медленного upstream-компонента, а затем — расходовать всё больше системных лимитов. В результате даже при корректной реализации повторов и автоматического выключателя отсутствие жёстких временных границ приводит к исчерпанию соединений, файловых дескрипторов и рабочих слотов, а значит — к предсказуемой деградации под нагрузкой.

Поэтому в прикладной практике Go-сервисов закрепилось правило «дедлайн сверху вниз» (рис. 1). Общий бюджет времени описывается на самом высоком уровне, и контекст исполнения пробрасывается через все операции и вызовы на уровнях ниже. Таким образом, мы сразу избегаем проблемы, появляющейся при независимой настройке тайм-аутов, когда итоговое время выполнения становится трудно предсказать.

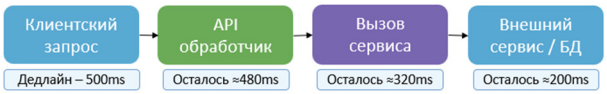


Рисунок 1 – «дедлайн сверху вниз»

В контексте Golang, для экспоненциальной задержки каждая попытка и каждая пауза между попытками должны проверять ctx.Done() и завершаться немедленно при отмене. При этом повторы полезны только там, где ошибка действительно кратковременна. Если зависимый компонент находится в устойчивой деградации, повторные попытки лишь наращивают нагрузку и ускоряют исчерпание ресурсов. Чтобы не допустить такого сценария, повторы обычно «сцепляют» с автоматическим выключателем.

Автоматический выключатель ставят на стороне клиента или в промежуточном слое и ведут статистику ошибок по конкретной зависимости. Когда доля ошибок (или иной показатель деградации) превышает заданный порог, выключатель переходит в состояние «открытой цепи» и на время прекращает обращения к проблемному компоненту. В этот период новые запросы завершаются быстро — ошибкой, либо переключаются на резервный источник/упрощённый сценарий, если он предусмотрен. Практическая реализация этого механизма требует четкой типизации ошибок. Выключатель должен реагировать на сетевые ошибки, тайм-ауты и часть серверных ошибок, указывающих на деградацию системы. Однако он не должен срабатывать на корректные прикладные ответы, такие как отсутствие данных или бизнес-ограничения. В противном случае система может искусственно снижать собственную доступность. В экосистеме Golang одним из самых распространённых решений для выключателя считается sony/gobreaker: библиотека реализует конечный автомат с тремя режимами — closed, open и half-open. В продакшене обычно заводят отдельный выключатель на каждую внешнюю зависимость и снимают метрики по срабатываниям и переходам между состояниями.

Следующий защитный слой — ограничение скорости входящих запросов. Даже правильно настроенные повторы и выключатели не спасут, если входной поток стабильно превышает вычислительную ёмкость сервиса: система уходит в насыщение, и задержки начинают расти непропорционально нагрузке. В Golang внутрипроцессный rate limiting часто делают через golang.org/x/time/rate, где используется модель маркерного ведра: «разрешения» представлены токенами, которые пополняются с постоянной скоростью; запрос забирает токен, а при их отсутствии либо отклоняется, либо ждёт. На практике предпочтителен неблокирующий режим — избыточные запросы сразу получают отказ. Блокирующее ожидание токена в пике приводит к накоплению множества ожидающих горутин и создаёт дополнительное давление на память и планировщик, то есть усугубляет перегрузку вместо того, чтобы её сдерживать.

Последним элементом контура устойчивости является наблюдаемость системы. Без корректных метрик и трассировки даже правильно реализованные механизмы отказоустойчивости становятся трудно управляемыми. В практике эксплуатации распределённых сервисов используется минимальный набор показателей, включающий задержку, объём трафика, число ошибок и уровень насыщения ресурсов. Для анализа взаимодействия между сервисами применяется распределённая трассировка, позволяющая отслеживать полный путь запроса через систему. В Golang, как и во многих других языках, распространенным инструментом является OpenTelemetry. Контекст выполнения запроса выступает естественным контейнером для хранения информации о дедлайнах и идентификаторах трассы. Благодаря этому все события могут фиксироваться в метриках и трассах и использоваться для анализа деградации системы.

Заключение

Отказоустойчивость распределённых сервисов на Golang следует строить как систему согласованных политик, которые работают в тесной связке. Теоретическое различие в используемых методах начинается с различения кратковременных и устойчивых сбоев, понимания каскадирования и хвостовых задержке. Практическая реализация на Golang сводится к нескольким правилам: дедлайны сверху вниз через контекст, корректные сетевые тайм-ауты, контролируемые повторы с экспоненциальной и случайной паузой, автоматический выключатель для устойчивых деградаций, ограничение скорости на границе и изоляция внешних зависимостей через перегородки. Совместное применение этих механизмов

формирует контур устойчивости, в котором каждый элемент компенсирует ограничения других.

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение адаптивных механизмов отказоустойчивости, которые автоматически изменяют параметры повторов, лимитирования и автоматических выключателей на основе наблюдаемых метрик. Также представляет интерес анализ устойчивости распределённых сервисов с учётом межсервисных зависимостей и сетевых топологий взаимодействия, поскольку именно структура связей между компонентами часто определяет масштаб и характер каскадных отказов.

Литература

1. Сухоплюев Д. И., Назаров А. Н. Мониторинг отказоустойчивости распределённых системах // Computational Nanotechnology. 2024. Т. 11. № 4. С. 94–106.
2. Крутских О. С. Современные подходы к масштабируемости, мониторингу и отказоустойчивости распределённых цифровых систем // Актуальные исследования. 2025. № 49 (284) [Электронный ресурс]. URL: https://apni.ru/article/13792-modern-approaches-to-scalability-monitoring-and-fault-tolerance-of-distributed-digital-systems (дата обращения: 18.04.2026).
3. Темников Д. О., Дубинин Р. С. Проектирование отказоустойчивых и резервированных backend-систем // Universum: технические науки. 2025. № 6 (135) [Электронный ресурс]. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20376 (дата обращения: 28.04.2026).
4. Исаев Д. Управление «штормами повторов» и метастабильными сбоями в микросервисных архитектурах // Universum: технические науки. 2025. № 10 (139) [Электронный ресурс]. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20946 (дата обращения: 21.04.2026).
5. Agaev A. Architectural Patterns for Designing Fault-Tolerant Microservice Systems within a Platform // Universal Library of Engineering Technology. 2026. Vol. 3. Issue 1. Pp. 1–6.
6. Smirnov A. Modern Approaches to Designing High-Load Fault-Tolerant Systems // International Journal of Latest Research in Engineering and Technology. 2025. Vol. 11. Issue 12. Pp. 22–26.
7. Mohammad M. Resilient Microservices: A Systematic Review of Recovery Patterns, Strategies, and Evaluation Frameworks // arXiv. 2025 [Электронный ресурс]. URL: https://arxiv.org/abs/2512.16959 (дата обращения: 28.04.2026)
8. Cassar I., Francalanza A., Mezzina C., Tuosto E. Reliability and Fault-Tolerance by Choreographic Design // arXiv. 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://arxiv.org/abs/1708.07233 (дата обращения: 18.04.2026).

Methods for increasing fault tolerance in distributed services

Galanina V.A.
Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines forecasting and pricing methods that give different results in aviation and on the railway. Two models are compared, aviation and railway: they share mathematics, but logic and public perception fundamentally differ. It is shown that the accuracy of the algorithm is a necessary but insufficient condition: it is equally important whether passengers consider the tariff policy to be fair. The prospects of personalized pricing and the question of what price a passenger pays for it are considered separately - not in money. The paper systematizes methods for forecasting passenger flows; describes the mechanisms of dynamic pricing; compares two institutional models; analyzes the role of the equity factor; outlines the prospects for personalization.

Keywords: system analysis, passenger transportation, demand forecasting, dynamic pricing, passenger flow, machine learning, transport equity, personalized fare.

References

1. Sukhoplyuev D. I., Nazarov A. N. Fault tolerance monitoring in distributed systems // Computational Nanotechnology. 2024. Vol. 11. No. 4. pp. 94-106.
2. Krutskikh O. S. Modern approaches to scalability, monitoring and fault tolerance of distributed digital systems // Actual research. 2025. № 49 (284) [Electronic resource]. URL: https://apni.ru/article/13792-modern-approaches-to-scalability-monitoring-and-fault-tolerance-of-distributed-digital-systems (date of access: 18.04.2026)
3. Temnikov D. O., Dubinin R. S. Design of fault-tolerant and redundant backend systems // Universum: technical sciences. 2025. No. 6 (135) [Electronic resource]. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20376 (date of access: 28.04.2026).
4. Isaev D. Management of "storms of repetitions" and metastable failures in microservice architectures // Universum: technical sciences. 2025. No. 10 (139) [Electronic resource]. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20946 (date of access: 21.04.2026).
5. Agaev A. Architectural Patterns for Designing Fault-Tolerant Microservice Systems within a Platform // Universal Library of Engineering Technology. 2026. Vol. 3. Issue 1. Pp. 1–6.
6. Smirnov A. Modern Approaches to Designing High-Load Fault-Tolerant Systems // International Journal of Latest Research in Engineering and Technology. 2025. Vol. 11. Issue 12. Pp. 22–26.
7. Mohammad M. Resilient Microservices: A Systematic Review of Recovery Patterns, Strategies, and Evaluation Frameworks // arXiv.2025 [Electronic resource]. URL: https://arxiv.org/abs/2512.16959 (date of access: 28.04.2026)
8. Cassar I., Francalanza A., Mezzina C., Tuosto E. Reliability and Fault-Tolerance by Choreographic Design // arXiv. 2017 [Electronic resource]. URL: https://arxiv.org/abs/1708.07233 (date of access: 18.04.2026).

Автоматизация нормативного подбора технологии очистки природной воды с использованием программного комплекса Aquaselect

Боронина Людмила Владимировна
кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, boroninalv@gmail.com,

Продоус Олег Александрович
доктор технических наук, профессор, независимый эксперт по водоснабжению и канализации, pro@enco.su,

Оганян Арам Владимирович
студент, Институт инженерно-экологического строительства и механизации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, aramoganyan4@gmail.com,

Симонян Петрос Саркисович
студент, Институт инженерно-экологического строительства и механизации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, petya200409@gmail.com,

Добринская Анастасия Андреевна
кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный технический университет, sax.nastya@yandex.ru

Рассматривается задача автоматизации нормативного выбора технологии очистки поверхностной воды на предпроектной стадии. Актуальность исследования определяется тем, что при ручной обработке исходных данных инженер вынужден сопоставлять большой объем нормативных таблиц, классификаторов и справочных критериев, что повышает вероятность ошибки из-за субъективности анализа и неоднозначности интерпретации пограничных состояний качества воды. Предметом исследования является процедура классификации качества поверхностной воды и подбора соответствующей технологической схемы водоподготовки. Объектом исследования выступает программный комплекс AquaSelect, зарегистрированный как программа для ЭВМ [1]. Цель работы состоит в разработке цифрового инструмента, который автоматизирует классификацию природных и антропогенных ингредиентов, выбор кода технологии очистки и формирование последовательности стадий водоподготовки. В качестве методов использованы нормативный анализ положений СП 31.13330.2021, сопоставление с данными справочника перспективных технологий водоподготовки, структурно-логическое моделирование алгоритма, программная реализация и апробация на расчетных примерах. Показано, что AquaSelect позволяет определить класс воды и подкласс загрязнения, выбрать код технологии Т1–Т20, декодировать его в перечень реагентных и безреагентных стадий, рассчитать расход воды на собственные нужды станции, дополнительную нагрузку по производительности с учетом расходов промывной воды и укрупненно оценить стоимость предпроектных и проектных работ. Научная новизна работы состоит в том, что впервые в одном цифровом продукте на нормативной базе объединены классификация качества поверхностной воды, технологическое декодирование и расчетно-проектный блок, что позволяет использовать результаты для предварительного бюджетного планирования.

Ключевые слова: поверхностная вода, водоподготовка, нормативная классификация, предпроектная стадия, цифровизация, технологическая схема, AquaSelect.

Введение

Цифровая трансформация строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства сопровождается внедрением ТИМ-моделей, расчетных модулей и систем сопровождения объектов. Одновременно на предпроектной стадии сохраняется значительная доля ручных операций, связанных с выбором технологических решений для водопроводных очистных станций. Для поверхностных источников такая задача особенно сложна, поскольку должна учитывать совместно природные и антропогенные показатели качества воды, требования нормативных документов и ограничения применимости отдельных методов очистки [2].

Теоретическая основа подбора технологии очистки природной воды опирается на классификацию источников по природным и антропогенным ингредиентам, на сопоставление свойств примесей с методами их удаления и на нормативные ограничения применимости отдельных технологических стадий. При ручной обработке исходных данных инженер вынужден последовательно соотносить десятки показателей с несколькими таблицами и справочными классификаторами, что повышает вероятность ошибки из-за субъективности анализа и неоднозначности интерпретации пограничных случаев. Состояние проблемы характеризуется наличием двух групп программных продуктов. Первая группа ориентирована на проектирование и моделирование инженерных систем в целом и включает средства ТИМ/3D-проектирования и гидравлических расчетов сетей [3]. Вторая группа включает специализированные инструменты для решения отдельных подзадач, например, расчета водозаборных сооружений или классификации технологий очистки природных вод [4-8]. Однако полноценная автоматизация нормативного подбора технологии водоподготовки с формированием перечня стадий очистки и сопутствующих расчетов в одном продукте на предпроектной стадии представлена недостаточно [3].

Предметом исследования является алгоритм цифрового нормативного выбора технологии очистки поверхностной воды. Объект исследования — программный комплекс AquaSelect, зарегистрированный как программа для ЭВМ [1].

Цель работы состоит в представлении структуры, алгоритма и практических возможностей данного комплекса, а также в обосновании его применения на предпроектной стадии.

Таблица 1
Сопоставление групп программных решений, применяемых при проектировании сооружений водоочистки

№ п/п	Группа решений	Программные комплексы	Основное назначение	Ограничения применительно к подбору технологии очистки воды
1.	ТИМ/САПР и гидравлические расчетные комплексы	Model Studio CS, nanoCAD BIM ВК, ZuluHydro	Формирование информационной модели, выпуск документации, гидравлические расчеты сетей и трубопроводов	Не выполняют нормативную классификацию воды по СП 31.13330.2021 и не формируют перечень стадий водоподготовки
2.	Специализированные инструменты для отдельных подзадач	SUPWATER, Электронный классификатор технологий очистки природных вод	Расчет водозаборных сооружений, выбор кода технологии, решение частных расчетных задач	Отсутствует объединение классификации, декодирования стадий и расчетно-проектного блока в одном продукте
3.	AquaSelect	Разработанный программный комплекс	Нормативная классификация воды, выбор кода Т1–Т20, декодирование стадий, расчет собственных нужд и укрупненной стоимости работ	Требует дальнейшего расширения библиотеки технологий и развития визуализации технологических схем

Разработке программного комплекса AquaSelect предшествовал анализ современных программных комплексов, применяемых при проектировании сооружений водоочистки (таблица 1). Было установлено, что

программные продукты первой группы решают задачи формирования информационной модели, выпуска документации и гидравлических расчетов, а программные решения второй группы ориентированы на отдельные этапы — расчет водозаборных сооружений, классификацию технологий или подбор отдельных параметров [4,5,9,10].

Проведенный анализ показал, что существующие отечественные продукты эффективно закрывают графические, расчетные и конструктивные задачи, однако не обеспечивают сквозной нормативный подбор технологии очистки поверхностной воды. В частности, ТИМ-платформы и гидравлические расчетные системы не выполняют классификацию воды по СП 31.13330.2021 и не формируют перечень стадий водоподготовки, тогда как специализированные решения семейства SUPWATER и электронные классификаторы закрывают лишь отдельные подзадачи [4,5,9,10].

С учетом результатов анализа были сформулированы требования к AquaSelect как к специализированному цифровому инструменту предпроектной стадии: объединение нормативной классификации исходной воды, автоматического выбора кода технологии, декодирования стадий очистки и расчетно-проектного блока. Научная новизна исследования состоит в том, что впервые в рамках единого программного продукта на нормативной базе реализованы не только классификация качества поверхностной воды и выбор технологической схемы, но и расчет дополнительной нагрузки по производительности с учетом расходов промывной воды, а также укрупненная оценка стоимости предпроектных и проектных работ, которая может использоваться для предварительного планирования бюджета.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проанализировать нормативную и методическую базу выбора технологий очистки поверхностных вод; определить структуру входных данных и последовательность принятия решения; реализовать алгоритм в виде специализированного программного комплекса; оценить информативность и прикладную ценность результатов, выдаваемых пользователю.

Материалы и методы исследований

Нормативной основой исследования послужил СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», в частности приложение Б с таблицами Б.1–Б.6, отражающими классификацию поверхностных вод по природным и антропогенным ингредиентам, перечень методов обработки и классификатор технологий. Для расширения базы критериев использован «Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса, и учетом оценки риска здоровью населения». Дополнительную методическую базу составили работы по классификаторам технологий очистки природных вод и электронным классификаторам, а также публикации, посвященные программным средствам семейства SUPWATER [9–12].

В разработанном программном комплексе код технологии декодируется в последовательность стадий очистки. Для каждой стадии формируется пояснение о ее назначении и признаке реагентности. Дополнительно реализован расчетно-проектный блок, в котором используются показатели производительности станции, режим повторного использования промывной воды и результаты выбора технологической схемы. Ввод этих показателей необходим для определения расхода воды на собственные нужды станции, оценки дополнительной нагрузки по производительности за счет учета расходов промывной воды и укрупненной оценки стоимости предпроектных и проектных работ. Это создает основу для предварительного расчета бюджета проектирования и строительства сооружений.

В основе алгоритма лежит структурно-логическая модель, в которой выделены четыре взаимосвязанных блока: 1) ввод природных показателей исходной воды; 2) ввод антропогенных загрязнителей; 3) определение класса воды, подкласса загрязнения и кода технологии; 4) расчетно-проектный блок. Такой подход позволяет не только получить итоговую рекомендацию, но и проследить логику ее формирования на каждом этапе.

На рисунке 1 представлена схема структурно-логической модели AquaSelect.

Структурно-логическая модель AquaSelect отражает последовательность нормативного подбора технологии очистки воды. На первом этапе в систему вводятся природные показатели исходной воды, характеризующие её физико-химическое и санитарное состояние. На втором этапе задаются антропогенные загрязнители, позволяющие учитывать влияние техногенной нагрузки на источник. На третьем этапе выполняется нормативная классификация воды, определяются класс воды, подкласс загрязнения и соответствующий код технологии T1–T20. На четвёртом этапе активируется расчетно-проектный блок, в котором рассчитываются расход воды на собственные нужды станции, дополнительная нагрузка по производительности с учетом промывной воды и укрупнённая стоимость предпроектных и проектных работ. Такая схема обеспечивает прослеживаемость логики принятия решения и связывает нормативный анализ с инженерной оценкой последствий выбора технологии.

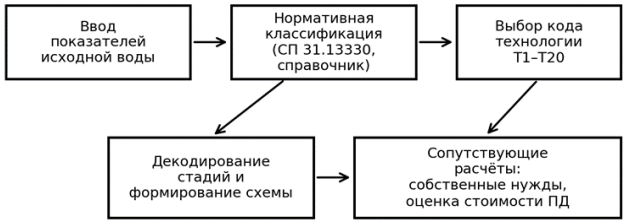


Рисунок 1. Структурно□логическая модель программного комплекса AquaSelect

На рисунках 2–4 показаны основные экранные формы программного комплекса. На рис. 2 отображается исходное состояние интерфейса перед запуском расчета. Пользователь задает производительность станции и основные характеристики исходной воды.

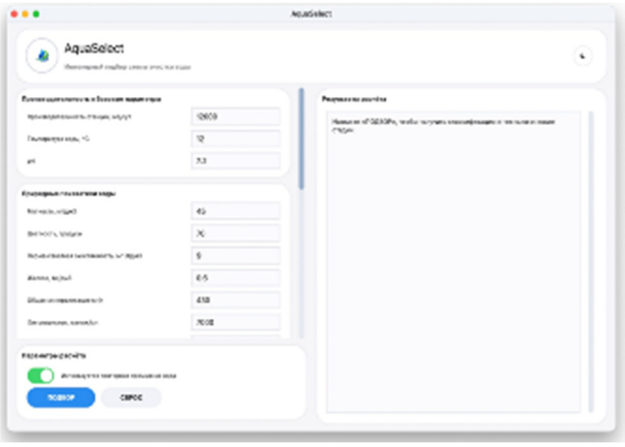


Рисунок 2. Экранная форма программного комплекса AquaSelect до выполнения расчета

На рис. 3 представлен результат подбора по базовым параметрам, включая блок классификации, технологическую схему и итоговые показатели.

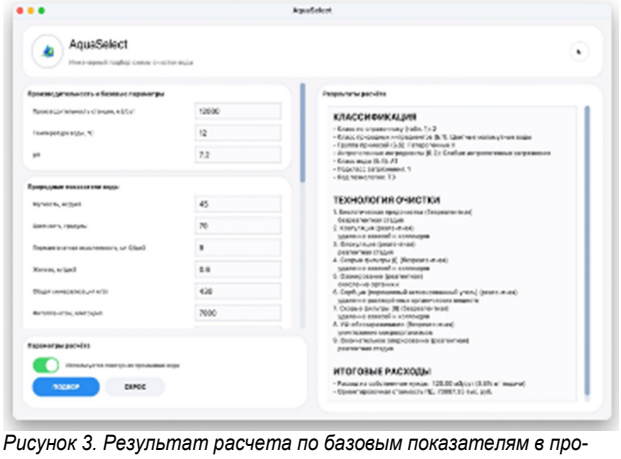


Рисунок 3. Результат расчета по базовым показателям в программном комплексе AquaSelect

На рисунке 3 видно, что результат расчета включает не только код технологии, но и детализированный перечень стадий очистки, а также значения сопутствующих расчетов.

На рис. 4 показана расширенная форма с антропогенными загрязнителями, что позволяет учитывать дополнительные ограничения при выборе кода технологии.

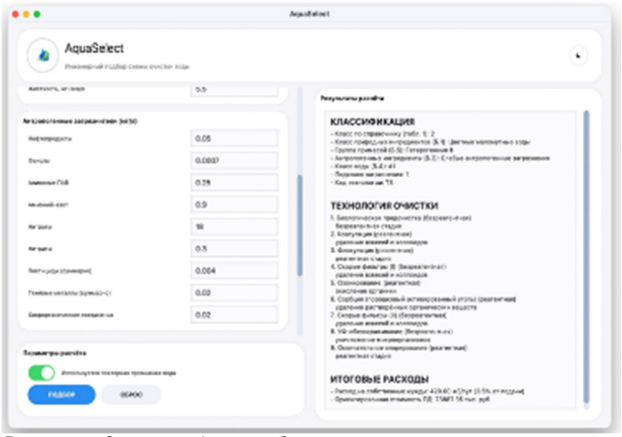


Рисунок 4. Экранная форма с блоком антропогенных загрязнителей и итоговым результатом расчета

Ввод показателей производительности и режима повторного использования промывной воды обеспечивает расчет расхода на собственные нужды станции и позволяет оценить дополнительную нагрузку по производительности. Одновременно расчетно-проектный блок формирует укрупненную оценку стоимости предпроектных и проектных работ, что может использоваться при предварительном планировании бюджета.

Получаемый результат отличается высокой структурированностью. Пользователь получает не только итоговую рекомендацию, но и совокупность классификационных признаков, перечень технологических стадий, а также расчетные показатели, необходимые для предпроектного анализа вариантов. Это позволяет проводить сравнительную оценку сценариев водоподготовки и использовать результаты в качестве обоснования инженерного решения.

Результаты и обсуждение

Разработанный программный комплекс AquaSelect позволяет формализовать этап нормативного выбора технологической схемы очистки воды и связать его с цифровыми средствами предпроектной оценки. Его значение состоит в переводе процедуры выбора технологии из экспертно-ручного режима в воспроизводимую цифровую процедуру, основанную на нормативной базе и формализованных правилах принятия решения. Это особенно важно для задач, где требуется сопоставлять несколько вариантов исходных показателей и оперативно оценивать последствия изменения качества воды.

Возможности использования комплекса не ограничиваются учебным процессом. Он может применяться при подготовке вариантов предпроектных решений, первичной оценке исходных данных по объектам реконструкции и модернизации, а также как вспомогательный инструмент при сравнении альтернативных сценариев водоподготовки. Перспективы дальнейшей разработки связаны с развитием расчетно-проектного блока, включая уточнение алгоритмов определения стоимости, расширение библиотеки технологий и визуализацию технологических схем без раскрытия внутренних программных решений.

Заключение

Автоматизация нормативного подбора технологии очистки поверхностной воды на предпроектной стадии формирует единообразный и прозрачный механизм выбора технологических решений. Особенностью AquaSelect является объединение в одном программном комплексе нормативной классификации исходной воды, выбора кода технологии T1–T20, декодирования последовательности стадий очистки и сопутствующих расчетов. К числу последних относятся расчет расхода воды на собственные нужды станции, определение дополнительной нагрузки по производительности с учетом промывной воды и укрупненная оценка стоимости предпроектных и проектных работ. Именно сочетание нормативного подбора и расчетно-проектного блока составляет уникальность предлагаемого решения и расширяет возможности его применения для предварительного технологического и бюджетного планирования.

Литература

1. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2026617883 Российская Федерация. AquaSelect – подбор технологической схемы очистки речной воды / Л. В. Боронина, О. А. Продоус, А. В. Оганян [и др.] ; Петербург. гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I. - № 2026616930 ; заявл. 16.03.2026 ; опубл. 23.03.2026.

2. Орлов В.А., Квитка Л.А. Водоснабжение : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2026. 443 с.

3. Оганян А. В., Симонян П. С., Боронина Л. В. Анализ программного обеспечения для автоматизации гидравлических расчетов систем водоснабжения // Перспективы развития строительного комплекса: образование, наука, бизнес : материалы XIX Научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Астрахань, 2025. С. 183-187.

4. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2016615823 Российская Федерация. Электронный классификатор технологий очистки природных вод / Л. В. Боронина, О. М. Шикульская ; заявитель Астрахан. гос. архит.-строит. ун-т. - № 2016612819 ; заявл. 31.03.2016 ; опубл. 30.05.2016.

5. Свид. о гос. рег. базы данных № 2016620654 Российская Федерация. Классификация технологий очистки природных вод / Л. В. Боронина, О. М. Шикульская ; заявитель Астрахан. гос. архит.-строит. ун-т. - № 2016620346 ; заявл. 31.03.2016 ; опубл. 23.05.2016.

6. Боронина Л. В., Садчиков П. Н. Выбор оптимальных технологических схем очистки воды на основе программного комплекса "SUPWATER" // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № S4 (13). С. 15-18. DOI 10.17673/Vestnik.2013.S4.4.

7. Войтов И. В., Штепа В. Н., Смелов В. В., Карпович Д. С. Оценка степени автоматизации и внедрения цифровых платформ управления системами водоотведения // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. 2024. № 2(284). С. 43-52. DOI 10.52065/2520-6141-2024-284-7.

8. Cetkovic J., Knezevic M., Vujadinovic R., Tombarevic E., Grujic M. D. Selection of Wastewater Treatment Technology: AHP Method in Multi-Criteria Decision Making // Water. 2023. Vol. 15, No. 9. P. 1645. DOI: 10.3390/w15091645.

9. Журба М.Г., Нечаев А.П., Ивлева Г.А. и др. Классификаторы технологий очистки природных вод. М. : ГНЦ НИИ ВОДГЕО, 2000. 118 с.

10. Renfrew D., Vasilaki V., Katsou E. Indicator based multi-criteria decision support systems for wastewater treatment plants. Science of the Total Environment. 2024; Vol. 915. P.169903. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.169903.

11. Войтов И. В., Штепа В. Н., Козырь А. В., Шикунец А. Б. Методика и программное обеспечение цифровизации систем водоотведения водопроводно-канализационных хозяйств // Вестник Фонда фундаментальных исследований. 2025. № 1. С. 74-90.

12. Сероштан С. Э. Анализ информационных ресурсов для решения проблемы оптимального подбора оборудования для очистки воды // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2023. № 4. С. 70-77. DOI 10.18137/RNU.V9187.23.04.P.70.

Automation of normative selection of natural water treatment technology using the Aquaselect software package

Boronina L.V., Prodous O.A., Oganyan A.V., Simonyan P.S., Dobrinskaya A.A.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The paper deals with automation of normative selection of surface-water treatment technology at the pre-design stage. The relevance of the study is determined by the fact that manual processing of initial data requires engineers to compare numerous normative tables, classifiers and handbook criteria, which increases the risk of errors due to subjective interpretation. The subject of the research is the procedure of classifying surface-water quality and selecting an appropriate treatment scheme. The object of the study is the AquaSelect software package registered as computer software [1]. The aim of the work is to develop a digital tool that automates classification of natural and anthropogenic ingredients, selection of the treatment technology code, and generation of the process-stage sequence. The methods include normative analysis of SP 31.13330.2021, comparison with the handbook of advanced water-treatment technologies, structural and logical modeling, software implementation and testing on calculation cases. It is shown that AquaSelect determines the water class and pollution subclass, selects the T1–T20 technology code, decodes it into reagent and non-reagent stages, and additionally calculates plant own-water demand, additional productivity load caused by wash-water consumption, and an approximate cost of pre-design and design works. The scientific novelty lies in the first integration, within one digital product based on the normative framework, of water-quality classification, technological decoding and a calculation-design module.

Keywords: surface water, water treatment, normative classification, pre-design stage, digitalization, process scheme, AquaSelect.

References

1. Svid. o gos. reg. programmi dlya EVM № 2026617883 Rossiiskaya Federatsiya. AquaSelect – podbor tekhnologicheskoi skhemi ochistki rechnoi vodi [AquaSelect – selection of technological scheme for river water purification] / L. V. Boronina, O. A. Prodous, A. V. Oganyan [i dr.] ; Peterburg. gos. un-t putei soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. - № 2026616930 ; zayavl. 16.03.2026 ; opubl. 23.03.2026.

2. Orlov V.A., Kvitka L.A. Vodosnabzhenie [Water supply] : uchebnik. 2-e izd., pererab. i dop. M. : INFRA-M, 2026. 443 s.

3. Oganyan A. V., Simonyan P. S., Boronina L. V. Analiz programmnogo obespecheniya dlya avtomatizatsii gidravlicheskikh raschetov sistem vodosnabzheniya [Analysis of software for automation of hydraulic calculations of water supply systems] // Perspektivi razvitiya stroitelnogo kompleksa: obrazovanie, nauka, biznes : materiali XIX Nauchno-prakticheskoi konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava, molodikh uchenikh i studentov. Astrakhan, 2025. S. 183-187.
4. Svid. o gos. reg. programmi dlya EVM № 2016615823 Rossiiskaya Federatsiya. Elektronnii klassifikator tekhnologii ochistki prirodnikh vod [Electronic classifier of natural water treatment technologies] / L. V. Boronina, O. M. Shikulskaya ; zayavitel Astrakhan. gos. arkhit.-stroit. un-t. - № 2016612819 ; zayavl. 31.03.2016 ; opubl. 30.05.2016.
5. Svid. o gos. reg. bazi dannikh № 2016620654 Rossiiskaya Federatsiya. Klassifikatsiya tekhnologii ochistki prirodnikh vod [Classification of natural water treatment technologies] / L. V. Boronina, O. M. Shikulskaya ; zayavitel Astrakhan. gos. arkhit.-stroit. un-t. - № 2016620346 ; zayavl. 31.03.2016 ; opubl. 23.05.2016.
6. Boronina L. V., Sadchikov P. N. Vibor optimalnikh tekhnologicheskikh skhem ochistki vodi na osnove programmnogo kompleksa "SUPWATER" [Selection of optimal technological schemes for water purification based on the SUPWATER software package] // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura. 2013. № S4 (13). S. 15-18. DOI 10.17673/Vestnik.2013.S4.4.
7. Voitov I. V., Shtepa V. N., Smelov V. V., Karpovich D. S. Otsenka stepeni avtomatizatsii i vnedreniya tsifrovikh platform upravleniya sistemami vodootvedeniya [Assessment of the degree of automation and implementation of digital platforms for wastewater management systems] // Trudi BGTU. Seriya 3: Fiziko-matematicheskie nauki i informatika. 2024. № 2(284). S. 43-52. DOI 10.52065/2520-6141-2024-284-7.
8. Cetkovic J., Knezevic M., Vujadinovic R., Tombarevic E., Grujic M. D. Selection of Wastewater Treatment Technology: AHP Method in Multi-Criteria Decision Making // Water. 2023. Vol. 15, No. 9. P. 1645. DOI: 10.3390/w15091645.
9. Zhurba M.G., Nechaev A.P., Ivleva G.A. i dr. Klassifikatori tekhnologii ochistki prirodnikh vod [Classifiers of natural water treatment technologies]. M. : GNTs NII VODGEO, 2000. 118 s.
10. Renfrew D., Vasilaki V., Katsou E. Indicator based multi-criteria decision support systems for wastewater treatment plants. Science of the Total Environment. 2024; Vol. 915. P.169903. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.169903.
11. Voitov I. V., Shtepa V. N., Kozir A. V., Shikunets A. B. Metodika i programmnoe obespechenie tsifrovizatsii sistem vodootvedeniya vodoprovodno-kanalizatsionnikh khozyaistv [Methodology and software for digitalization of wastewater disposal systems of water supply and sewerage facilities] // Vestnik Fonda fundamentalnikh issledovanii. 2025. № 1. S. 74-90.
12. Seroshtan S. E. Analiz informatsionnikh resursov dlya resheniya problemi optimalnogo podbora oborudovaniya dlya ochistki vodi [Analysis of information resources to solve the problem of optimal selection of water treatment equipment] // Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnie sistemi: modeli, analiz i upravlenie. 2023. № 4. S. 70-77. DOI 10.18137/RNU.V9187.23.04.P.70.

Комплекс технологий газификации отходов без выбросов и захоронений для здоровья человека, животных и природы

Жарков Игорь Васильевич
главный конструктор – руководитель проекта, Компания Plasmatron Global Energy Solutions Private Limited, igor@plasmatron.in

В статье рассматривается острая проблема экологической угрозы от накопления твердых бытовых и промышленных отходов, а также токсичных выбросов традиционных мусоросжигательных заводов. Предложен инновационный модульный комплекс технологий для полной переработки всех видов органических отходов без образования атмосферных выбросов и последующих захоронений. В основе процесса лежат двухстадийная пароплазменная газификация, сверхкритическое водное окисление и безопасное стеклование зольных остатков. Технология обеспечивает замкнутый цикл преобразования отходов в синтез газ с последующим получением чистой электроэнергии, тепла, метанола и ценного кормового белка. Установки могут работать как в мобильном, так и в стационарном масштабируемом исполнении, перерабатывая до полутора тысяч тонн мусора ежесуточно. Разработанное решение гарантирует полную минерализацию опасных компонентов, абсолютную экологическую безопасность и высокую экономическую эффективность, предлагая уникальную альтернативу полигонному хранению для сохранения здоровья человека и всей природы.

Ключевые слова: высокотемпературная газификация, ТКО (твердых бытовых отходов), иловые осадки сточных вод, полигоны хранения отходов, полигонные газы, полигонные стоки и фильтраты.

Введение

Экологическая угроза промышленного развития общества ради потребления вылилась в заражении и заражениями огромных территорий промышленными и бытовыми отходами превосходящие территории крупных стран, заражением рек, озер, морей и океанов, пагубно влияют на природную обстановку и стали геологическим фактором, а не только биологическим, что меняет фундаментальные вещи в биосфере, в земной коре. Созданные человечеством миллионы химических веществ, используемых человеком в быту, медицине, на производстве, в сельском хозяйстве, их токсическое действие поставили все живое на земле на грань гибели и необходимо использовать свойства органических соединений для полной ликвидации опасных воздействий промышленных отходов, бытовых отходов, продуктов народного хозяйства и новых химических веществ. Биосфера Земли остаётся уникальным объектом – то есть единственным домом человечества.

Все отходы на полигонах хранения бытовых отходов, которые фактически являются химическими реакторами сроком действия до 30-50 лет, такие как полигонные газы, фильтраты, и само тело можно полностью перерабатывать комплексом технологий который излагается в данной статье. Сбор и транспортировка, сортировка и переработка отходов является, как и пища получающая вредные вещества из выбросов «Круговорота в природе», пестицидов, удобрений химической, бактериальной, патогенно-грибковой, вирусной опасностью и загрязняют территории вдоль дорог и местах складирования и переработки. По опасности сжигания дров, угля и пришло осознание после важного политического резонанса связанным с «Великим смогом» 1952 г. в Лондоне ставшим причиной нескольких тысяч случаев преждевременной смерти за короткий период времени. Сжигание отходов на МСЗ прямая опасность особенно от сжигания хлорсодержащих отходов и образованию диоксинов и фуранов, смертельных ядов даже в микроскопических дозах делающих потомство человека и живых существ ограниченным по здоровью и развитию.

Сжигание органических соединений для потребления губит планету Земля, но без энергии невозможно существование Человечества и для этого необходимо грамотно и быстро совершить энергопереход, от сжигания к экологически безопасным технологиям получения энергии.

Модульный блочный завод на 60-180 тонн преобразования отходов в синтез газ в сутки и выпуск кормовых белков.

Применение преобразования всех видов отходов на универсальных комплексах переработки всех видов отходов не требует сортировки и в реактор газификатора могут поступать и в спрессованном виде для удешевления транспортировки. Медицинские отходы, при поступление упаковываются и в таком виде поступают в газификатор. Отходы 1-2 класса опасности преобразуются в отдельном блоке в соответствии, нормам безопасности. Для жидких отходов имеются специальные воронки и оборудование. Все виды отходов перерабатываются в синтез газ. Отходы проходят двух стадийную газификацию и низкотемпературной плазмой преобразуются (95%) в синтез газа состава 3H2 + CO, который идет на синтез метанола, этанола с последующей выработкой необходимой продукции, кормового белка, электроэнергий и тепла. 5% зольные остатки минерализуются или остекловываются. Все газовые потоки закольцованы в контур и не допускают выбросов в атмосферу. На собственные технологические нужды и потери производства используется не более 35-45% химической энергии отходов в зависимости от конечного продукта. Комплексное применение технологий позволяет автономно обеспечивает свои технологические процессы электроэнергией, оборотной водой, а низкая себестоимость преобразования позволит выпускать продукцию по конкурентным ценам за счет низкой себестоимости.

Несколько агрегатов можно легко объединить для более крупных предприятий. Установки проектируются в двух вариантах: мобильное решение, способное перерабатывать до 60 тонн отходов в день, которое помещается в транспортировочные контейнеры, и масштабируемые модульные стационарные решения, которые могут перерабатывать до 500-1500 тонн отходов в день

Общая схема преобразования отходов без выбросов и захоронений.

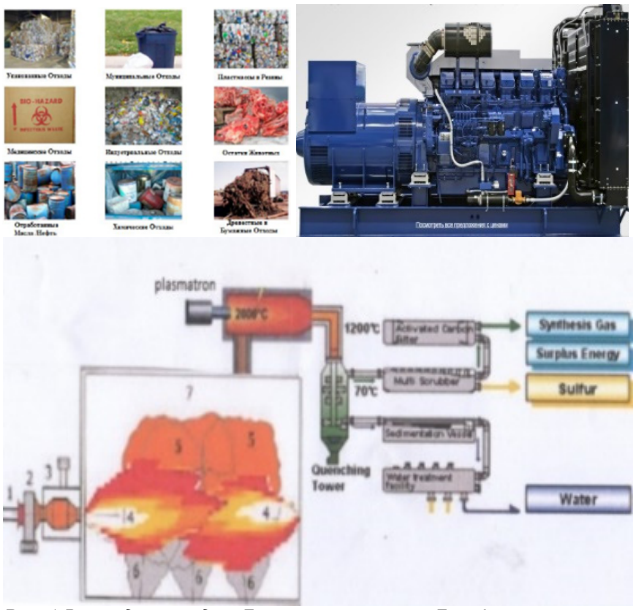


Рис. 1 Все виды отходов, Бункер прессования, Газификации и очистка сингаза

Технологические решения приняты в соответствиями со свойствами заложенными Природой в органические соединения при нагревании при температурах более 150-980°С из твердого и жидкого состояния превращается в газообразное, в объёме которого непрерывно происходят реакции полимеризации, циклизации, дегидрирования с образованием новых веществ и СОЗ (стойких органических загрязнителей). При нагревании более 2000°С все органические соединения распадаются на Н2 водород и СО угарный газ, что называется синтез газом, который используется в химической промышленности и выработки энергии с электрическим КПД от 42% до 60% и их преобразованием в метанол и аммиак.

Описание процесса:

1. Отходы по графику поступают на площадку мобильного комплекса Блок (10) взвешивания и проверки на радиоактивность отходов, промывка мусоровозов после разгрузки и разгружаются в приемный бункер(1) отходов, где прессуются необходимого размера блоки, позволяющие плотную загрузку в реакторы газификации. Спрессованные отходы необходимого размера загружаются в шлюз питателя, который состоит из двух горизонтальных поршневых механизмов с приводом объемного действия, каждый из которых способен обеспечивать полная номинальная пропускная способность загрузки, что обеспечивает герметичность подачи сжатого сырья и позволяет отходам поступать в газификатор без попадания воздуха в систему. В газификатор циклично подается перегретый пар с температурой до 1200°С для получения температуры внутри от 750 до 1000°С и её поддержания в течение определенного регламентом времени для полного окисления углерода до СО. Данный режим газификации позволяет расходовать для первой стадии не более 15 - 20% химической энергии заложенной в составе органических соединений отходов и получать максимально калорийный газ. После завершения цикла первичной газификации из газификатора удаляются зольные остатки, металлы, расплавленное стекло как вторичное сырье, а зольные остатки минерализуются до экологического безопасного состояния в песок для строительства дорог. После этого происходит повторная загрузка отходов через герметичный шлюз, и цикл газификации повторяется. Блоки первой стадии газификации работают по графику, обеспечивая, непрерывное поступление газов из газификатора на вторую стадию газификации.

В блоке второй стадии газификации в камере с непрерывной СВЧ генерации плазмы без электродным факельным разрядом в парогазовой среде синтез газ из газификатора при температурах 2000-7000°С полностью расщепляется на Н2 и СО в соотношении СО + 3Н2, после чего поступает в блок охлаждения синтез газа и очистки от металлов, серы, хлора, мышьяка, ртути. Получается синтез газ с теплотворной способностью 15-25 МДж/м3

2. В блоке очистке синтез газа(4) синтез газ охлаждается, а влага удаляется с помощью интегрированного процесса. Очистки синтез газа включает водоохлаждаемый башенный охладитель, бойлер-утилизатор отходящего тепла водотрубного типа для отбора среднетемпературного отходящего тепла. Полученный пар среднего давления направляют в техпроцесс. Бойлер-утилизатор отходящего тепла жаротрубного типа для отбора низкотемпературного отходящего тепла, скруббер Вентури. мокрый электросборник пыли, бак мокрого газа для хранения или в процесс для использования, что позволяет упростить способ очистки, сократить время его проведения, снизить потребление энергии, повысить эффективность и стабильность очистки синтез-газа.

3. В блоке очистки воды твердые частицы, HCL, сера и тяжелые металлы, включая ртуть, удаляются, в том числе и с процессом сверхкритического окисления в воде. Выделенные металлы, сера, хлор, мышьяк поступают в блок минерализации отходов или полученные соли идут на производство. Конечным результатом является стабильно богатый энергией и не содержащий смол, тяжелых металлов, мышьяка, серы, хлора синтез газ. Все твердые частицы перерабатываются обратно в процесс, обеспечивая 100% переработку в полезный синтез-газ. Выделенные металлы, сера, хлор, мышьяк поступают в блок минерализации отходов или полученные соли идут на производство.

4 Очищенный синтез газ поступает в блок производства электроэнергии(9) на базе дизельных генераторов или газовой турбины и паровой турбины предлагается гибридная конструкция, которая сочетает в себе плазменную газификацию всех видов отходов, газовую турбину, сверхкритический цикл СО2, абсорбционный тепловой насос. В комплексной схеме медицинские отходы и концентрированный раствор сточных вод сероочистки направляются в газификатор и преобразуются в синтез-газ, который после необходимой очистки подается в газотурбинную систему. Что касается утилизации отработанного тепла синтез-газа и дымовых газов, некоторые из них используются для запуска сверхкритического цикла СО2, некоторые используются абсорбционным тепловым насосом для отопления. Теплоснабжение и чистая электроэнергия из отходов, чистая мощность, вырабатываемая отходами в гибридной конструкции, составит 18,45 МВт, а чистый КПД преобразования отходов в электроэнергию достигнет 47,40%. За 4,76 года первоначальные инвестиции в предлагаемую систему окупаются.

5. Синтез метанола (7). Накопленный ранее опыт показал, что обеспечение экологической безопасности и экономической целесообразности эксплуатации созданных ряда опытно-промышленных установок газификации органических соединений и ТКО в синтез газ возможно при получении конечного продукта с высокой добавочной стоимостью водорода (30-50 кг с тонны отходов), метанола (700 кг с тонны отходов), кормовой белок (150кг с тонны отходов), что позволяет сделать замкнутый контур без выбросов и захоронений всего комплекса. В колоннах синтеза метанола будут использованы катализаторы Российского производства.

6. Блок кормового белка(8) Кормовой белок из метанола (Меприн) используется в качестве белкового компонента в составе комбикормов, соответствует по качеству белка кормовым белкам животного происхождения (рыбная и мясокостная мука), а также содержит витамины группы «В». Меприн характеризуется высоким уровнем сырого протеина –не менее 70 % и содержит весь комплекс витаминов группы В, включая кобаламин (В12). В производственном ферментере (объёмом 3000 литров) производится наращивание биомассы. Для осуществления процессов разделения жидкости, концентрирования и просушивания биомассы применяются: отстойники, сепараторы, вакуум-фильтры, сушильные установки. Для фасовки и упаковки пылящего продукта применяют вытяжку с циклонными сепараторами, сбора пыли продукта в бункеры и возвращаение в упаковку. В процессе производства меприна будут подобраны и использованы Российские метилотрофные организмы.

Литература

1. Контролируемое воспламенение низкоуглеродных газомоторных топлив на основе природного газа и водорода: кинетика процесса В. С. Арутюнов, А. В. Арутюнов, А. А. Беляев, К. Я. Трошин Успехи химии, 2023, 92, RCR5084 Кинетика газофазных процессов в углеродсодержащих системах В. С. Арутюнов *Успехи химии, 1992,* ***61****, 2078–2104*

2. Аксенов В.С., Иванов В.С., Садыков И.А., Шамшин И.О., Фролов С.М. Детонационные волны в сужающихся конических каналах. XII Международная конференция "Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2026": Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2026

3. Апальков Н. В., Фролов С. М., Хасяк Я. К. Термодинамический расчет высокотемпературной пароуглекислотной газификации сера- и хлорсодержащих углеводородов. XII Международная конференция "Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2026": Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2026

4. Виноградов П.О., Дудко Я.С., Садыков И.А., Сметанюк В.А., Фролов С.М. Газификация лузги семян подсолнечника продуктами газовой детонации. XII Международная конференция "Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2026": Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2026

5. Варев М. А. «Критическая верификация гипотезы об антропогенном углеродном следе: последствия выявления отсутствия корреляции между выбросами CO2 и климатическими изменениями». DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.06.01.001

6. Варев М. А. «Системный анализ барьеров реализации мусорной реформы вРоссии: институциональные, экономические и социокультурные детерминанты». DOI: 10.51409/v.a.2025.09.01.001

7. Переславцев А. В., Вощинин С. А., Артемов А. В. Плазменная переработка отходов производства и потребления (технологические процессы и оборудование, физико-химические аспекты переработки, включая опасные и радиоактивные отходы). LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2020. 361 с.

A complex of waste gasification technologies without emissions and burial for the health of humans, animals and nature.

Zharkov I.V.
Chief Designer-Project Manager

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article examines the pressing environmental threat posed by the accumulation of solid municipal and industrial waste, as well as toxic emissions from traditional waste incineration plants. An innovative modular technology suite is proposed for the complete processing of all types of organic waste without the generation of atmospheric emissions or subsequent landfills. The process is based on two-stage steam plasma gasification, supercritical water oxidation, and safe vitrification of ash residues. The technology ensures a closed-loop waste-to-synthesis gas conversion cycle, followed by the production of clean electricity, heat, methanol, and valuable feed protein. The units can operate in both mobile and stationary scalable configurations, processing up to 1,500 tons of waste daily. The developed solution guarantees complete mineralization of hazardous components, absolute environmental safety, and high cost efficiency, offering a unique alternative to landfill storage for the protection of human health and the environment.

Keywords: high-temperature gasification, MSW (municipal solid waste), sewage sludge, waste storage landfills, landfill gases, landfill effluents and leachates.

References

1. Controlled Ignition of Low-Carbon Gas Motor Fuels Based on Natural Gas and Hydrogen: Process Kinetics
V. S. Arutyunov, A. V. Arutyunov, A. A. Belyaev, K. Ya. Troshin. Uspekhi Khimii, 2023, 92, RCR5084. Kinetics of Gas-Phase Processes in Carbon-Containing Systems. V. S. Arutyunov. Uspekhi Khimii, 1992, 61, 2078–2104.

2. Aksenov V.S., Ivanov V.S., Sadykov I.A., Shamshin I.O., Frolov S.M. Detonation Waves in Narrowing Conical Channels. XII International Conference "Laser, Plasma Research and Technologies – LaPlas-2026": Collection of Scientific Papers. M.: NRNU MEPhI, 2026

3. Apalkov N. V., Frolov S. M., Khasyak Ya. K. Thermodynamic calculation of high-temperature steam-carbon dioxide gasification of sulfur- and chlorine-containing hydrocarbons. XII International Conference "Laser, Plasma Research and Technologies – LaPlas-2026": Collection of scientific papers. M.: NRNU MEPhI, 2026

4. Vinogradov P. O., Dudko Ya. S., Sadykov I. A., Smetanyuk V. A., Frolov S. M. Gasification of sunflower seed husks with gas detonation products. XII International Conference "Laser, Plasma Research and Technologies – LaPlas-2026": Collection of scientific papers. Moscow: National Research Nuclear University MEPhI, 2026

5. Varev M.A. "Critical Verification of the Anthropogenic Carbon Footprint Hypothesis: Consequences of the Revealed Lack of Correlation between CO2 Emissions and Climate Change". DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.06.01.001

6. Varev M.A. "System Analysis of Barriers to the Implementation of Waste Reform in Russia: Institutional, Economic, and Sociocultural Determinants". DOI: 10.51409/v.a.2025.09.01.001

7. Pereslavtsev A. V., Voshchinin S. A., Artemov A. V. Plasma processing of production and consumption waste (technological processes and equipment, physicochemical aspects of processing, including hazardous and radioactive waste). LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2020. 361 p.

Применение нейронных сетей класса автоэнкодер в научных исследованиях

Карпов Дмитрий Сергеевич
генеральный конструктор ИТ-компании СОФИКОМ, komm@siphost.su,

Карпова Зоя Марленовна
канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, Объединенный институт ядерных исследований, zkarpova@yandex.ru

В статье рассматривается методика применения нейронной сети автоэнкодера для поиска аномалий в синтетических данных, полученных с помощью генераторов (стандартных библиотек: NumPy, TensorFlow, SciPy, Sklearn, Matplotlib, PyTorch, Keras, Pandas, random, os) языка Python. Поскольку искусственные наборы данных позволяют решить проблемы, связанные с нехваткой данных, с вопросами конфиденциальности и безопасности информации, качественной симуляции, а также позволяют проверить надежность моделей Машинного обучения, то в статье они используются для проверки качества авторской модели автоэнкодера. На примерах распределений из трех искусственных наборов данных – экспоненциального, нормального и Пуассона успешно тестируется метод обнаружения аномалий.
Ключевые слова: компьютерные и информационные технологии; генерация синтетических данных; поиск аномалий; нейронные сети; автоэнкодер.

*Исследование выполнено в рамках финансирования и проекта проведения научных исследований по теме: «*Нейросетевые методы поиска аномалий в структурированных данных*». Искреннюю благодарность авторы выражают всему коллективу «*ООО Софиком» за моральную и профессиональную поддержку, а также благодарят *сотрудников: Карбышева Д.С., и Назарова Д.О.* за *плодотворные и полезные дискуссии.*

1. Введение

Цель статьи — рассмотреть методику применения нейронной сети автоэнкодера для поиска аномалий в рабочих наборах данных. Данная методика состоит из двух частей.

Первая часть: необходима для того, чтобы сгенерировать синтетические данные или иначе получить искусственный набор данных (ИНД). Он требуется, когда на практике возникают различные проблемы, связанные с нехваткой данных для анализа, с вопросами конфиденциальности и безопасности информации, а также с качеством тестирования вновь созданных моделей Машинного обучения. Как известно, генерация синтетических данных [1-3] — это процедура создает ИНД, которые воспроизводят характеристики реальных данных.

Реальные данные бывают числовыми. Это измерения физических величин: давления, температуры, энергии или импульса физических частиц и иных параметров. И реальные данные могут быть категориальными. Это персонифицированная или служебная информация). В статье будут рассматриваться исключительно числовые данные, используемые обычно для целей научного анализа. ИНД, генерируемые с максимальным приближением к характеристикам реальных данных, получаются с помощью генераторов (стандартных библиотек) пакета *Python*. Стандартные библиотеки, используемые при решении нашей задачи, включают следующий список: *NumPy, TensorFlow, SciPy, Sklearn, Matplotlib, PyTorch, Keras,Pandas, random, os.*

Вторая часть методики: необходима для тестирования модели автоэнкодера, чтобы проверить правильность выбранной архитектуры этой нейронной сети. Полученные синтетические данные или ИНД затем тестируются на предмет обнаружения аномалий [4, 5] с помощью нейронных сетей автоэнкодера [6]. Этот метод используется в научных экспериментах. Он позволяет найти аномалии: посторонний шум, выбросы, провалы, искомый сигнал или прочие аномалии в данных.

Актуальность статьи в том, что авторами разработана методика применения нейронной сети автоэнкодера для поиска аномалий в искусственных наборах данных, а именно числовых распределений, созданных для научных целей.

Для справки. В прошлом поиск аномалий происходил иначе (как правило, использовался метод Монте-Карло). Это был анализ данных с выдвижением гипотез, и затем была проверка теоретических моделей. Аномалии тогда назывались сигналами (какого-то события). Они могли указывать либо на открытие нового явления (если величина сигнала была более 3 сигм, то есть 3 стандартных отклонений), либо указывать на необходимость пересмотра данной теории. Сегодня указанием на открытие, например, на Большом адронном коллайдере, является сигнал величиной более 5 сигм. Так, в частности, был открыт бозон Хиггса [7].

Новизна статьи состоит в том, что методика применения нейронной сети автоэнкодера для поиска аномалий в искусственных наборах данных была использована и протестирована на сгенерированных наборах данных: экспоненциального, нормального и распределения Пуассона. Такие распределения часто встречаются в природных процессах.

Практическая новизна состоит в том, что экспериментаторы могут проверять авторские модели нейронной сети автоэнкодера, используя так называемые «сырые» данные своих экспериментов.

2. Архитектура автоэнкодера

Архитектура автоэнкодера довольно простая, она обычно состоит всего из двух блоков: энкодера и декодера. **Потому что в процессе работы автоэнкодер должен максимально воспроизвести входные данные, имеющиеся в ИНД.**

Первый блок, энкодер, — это простая нейронная сеть, типа *feed-forward* (нейронная сеть прямого распространения [6, 8]). Он сжимает и кодирует входные данные в меньшую, сжатую форму и помещает информацию в скрытый слой. В энкодере может иметь один слой нейронов, а потом уже скрытый слой нейронов. Это простейший вариант автоэнкодера. Но если ИНД входных данных имеет очень большой размер, то возможны еще несколько слоев нейронов. В нашем энкодере используется три слоя нейронов. Энкодер сохраняет полезную информацию в скрытом пространстве (скрытом слое нейронов) и отбрасывает менее важную информацию, например, шум.

Второй блок, декодер,— это нейронная сеть обратного распространения [9, 10], типа *backward (*или *back propagation).* **Декодер** и энкодер

по сути — это симметричные части автоэнкодера, и они имеют одинаковое число слоев нейронов. Декодер должен восстановить изначальные данные, которые в закодированном виде содержит энкодер. Главная цель декодера — это получить максимальное сходство выходных данных с входными данными с минимальной ошибкой между блоками автоэнкодера: энкодером и декодером. При этом вычисляется ошибка, например, среднеквадратичная ошибка *MSE* (*mean squared error*). Но можно вычислять и иные ошибки, необходимые при поиске аномалий в ИНД.

Скрытый слой нейронов расположен между этими двумя блоками (энкодером и декодером). Размер скрытого слоя нейронов обычно меньше размера входных данных, но содержит главную и самую важную информацию из входных данных. Этот слой имеет такое состояние, которое способно в сжатой форме описывать исходные данные. То есть, информация изначальных данных не теряется вовсе.

Архитектура нейронной сети для автоэнкодера [11], используемого в нашей задаче, представлена на Рис.1 [11]. Как можно видеть из Рис.1, данный автоэнкодер имеет по три слоя нейронов как для блока *Encoder*, так и для блока *Decoder*. Вектор входных данных *Input* равен вектору выходных данных *Output*. Скрытый слой только один.

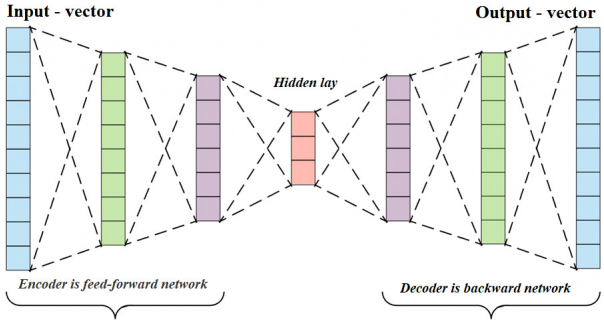


Рис.1. *Архитектура нейронной сети автоэнкодера. Сеть имеет три слоя для части Encoder и столько же для части Decoder. Вектор входных данных Input равен вектору выходных данных Output. Скрытый слой Hidden la только один.*

Такая архитектура [11, 12] позволяет эффективно сжимать вектор входной информации (*Input*) и также хорошо (с минимальной ошибкой) восстанавливать вектор выходной информации (*Output*).

3. Метрики автоэнкодера

При построении автоэнкодера нет каких-то особых требований, как для количества нейронных слоев и для выбора функций активации, так и для количества эпох в процессе обучения нейронной сети. Для оценки качества работы автоэнкодера и иных нейросетей используют различные характеристики, называемые метриками [13]. Это набор динамичных параметров, которые могут меняться в зависимости от оптимизации нейронной сети в ходе работы. Метрики, используемые для работы автоэнкодера в данной статье, приведены в Таблице 1 и Таблице 2.

В качестве функции активации [13, 14] в нейронной сети *Encoder* авторами выбрана функция ReLu (Rectified Linear Unit), см. Таблицу 1. Она часто используется в современных архитектурах нейронных сетей и имеет следующий вид:

$$\mathbf{ReLu} = f(x) = \mathbf{max}(\mathbf{0}, \mathbf{x}) \quad (1)$$

Преимущество: 1) градиент ReLU не сходится к нулю при больших положительных значениях, что помогает ускорить обучение глубоких нейронных сетей. 2) Функция ReLU требует меньше вычислительных ресурсов, так как включает в себя простые операции сравнения и присвоения. 3) Все отрицательные входы обнуляются. Это может улучшить эффективность и уменьшить время в случае переобучения нейронной сети.

Таблица 1

Метрики для Encoder.

Number oflayers	Number of neurons	Function of activation	Number ofepochs	Optimizer
2÷3	1000	ReLu	200	adam

В качестве функции активации в нейронной сети *Decoder* авторами выбрана функция Sigmoid, см. Таблицу 2. Она хороша тем, что везде и всюду дифференцируема. Функция активации Sigmoid имеет следующий вид:

$$\mathbf{Sigmoid} = f(x) = \mathbf{1}/(\mathbf{1} + e^{-x}) \quad (2)$$

Таблица 2

Метрики для Decoder.

Number of neurons	Function of activation	Optimizer	Learning rate	Number of epochs	Mean binary cross-entropy
1000	Sigmoid	adam	1.0e-3	200	*BCE*

Важная метрика для нейронной сети *Decoder* – это бинарная кросс-энтропия, *binary cross-entropy (BCE),* т.е. ошибка между распределениями в нейронных сетях: *Encoder* и *Decoder*. С одной стороны, чем эта ошибка меньше, тем лучше нейронная сеть *Decoder* воспроизводит входной вектор данных *Input*. С другой стороны, среди прочих ошибок, ее надо выбирать аккуратно, так как она влияет на расчет адаптивного порога распределения при поиске аномалий в данных. После создания наборов искусственных данных, (ИНД) их необходимо проверить на качество информации.

4. Генерация синтетических данных

Генерация синтетических данных предполагает создание ИНД вероятностным способом на основе заранее заданных распределений (с помощью экспоненциального, нормального или других распределений, например, распределения Пуассона). Данные создаются с помощью генераторов из ранее упомянутых библиотек пакета *Python*, которые имитирует реальные процессы. Это также может включать в себя создание синтетических данных (измерений датчиков) на основе физической модели.

После получения набора синтетических данных и создания модели автоэнкодера, необходимо провести тестирование автоэнкодера на этом наборе синтетических данных. Тестирование программного обеспечения является одним из этапов проверки программного продукта, что особенно важно, если это сложные нейронные сети. Генерация тестовых синтетических данных используется для проверки работоспособности программного модуля. Это может быть сделано с помощью частичных синтетических данных, где ИНД имеют одновременно как реальные, так и искусственные данные, или ИНД, полностью состоят из синтетических данных. В нашем случае для проверки работы автоэнкодера использовались ИНД, содержащие полностью синтетические данные.

5. Поиск аномалий с помощью автоэнкодера в синтетических данных, имеющих экспоненциальное распределение

Синтетические данные сгенерированы с помощью библиотек *Python* согласно экспоненциальному распределению, (см. Рис. 2). Размер входного вектора *Input*: 50K событий. Поведение векторов входного и выходного (см. Рис. 2 а), б), в) для *Input и Output)* подобно. Обучение автоэнкодера проделано до 200 эпох. Выборка (*Train)* взята в размере 0.8 от величины входного вектора *Input*. В нейронных сетях выбор расчета ошибки – не простая задача. Между ошибками реконструкции *MSE, MAE* или *binary cross-entropy (BCE)* авторы выбрали *BCE.* На Рис. 2 г) приведена зависимость ошибки *binary cross-entropy* от количества эпох.

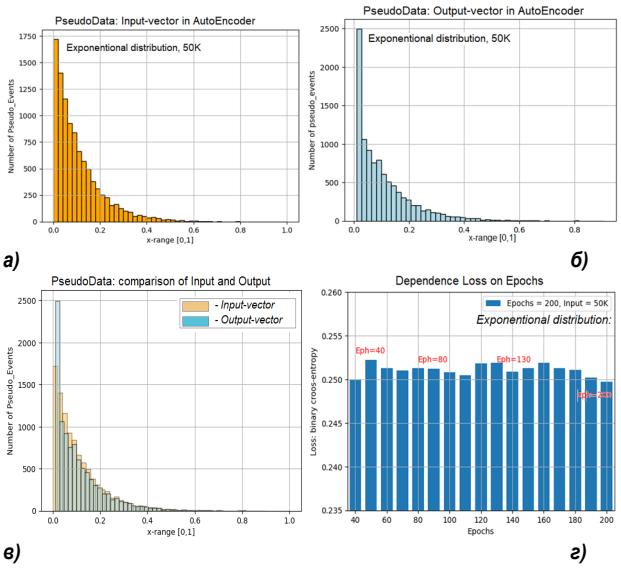


Рис. 2. *Экспоненциальное распределение, синтетические данные. Размер Input: 50K событий. Обучение проделано до 200 эпох. Выборка (Train) взята в размере 0.8 от Input. а) Вектор Input. б) Вектор Output. в) Сравнение векторов: Input и Output. г) Зависимость ошибки binar cross-entrop (BCE) от количества эпох.*

Рассчитаем число аномалий для экспоненциального распределения. Обычно для расчета адаптивного порога справедливо, так называемое правило двух или трех «сигм». В зависимости же от типа распределения иногда применяется правило 4-х или даже 5-ти «сигм». Тогда выражение для расчета адаптивного порога [14, 15] будет следующим:

$$AT = x_{mean} + 3 \cdot \sigma, \quad (3)$$

Где AT – адаптивный порог, x_{mean} – среднее значение вектора *Input*, σ – стандартное отклонение в данном распределении. Важно помнить, что число аномалий положительно, если ошибка реконструкции (между векторами *Input* и *Output*) больше адаптивного порога AT. В нашем случае средняя ошибка *binary cross-entropy (BCE)* есть ~0.2473, что меньше AT в Таблице 3. Поэтому для взятого экспоненциального распределения (Рис. 2) при генерации 10K событий число аномалий будет как в Таблице 3:

Таблица 3

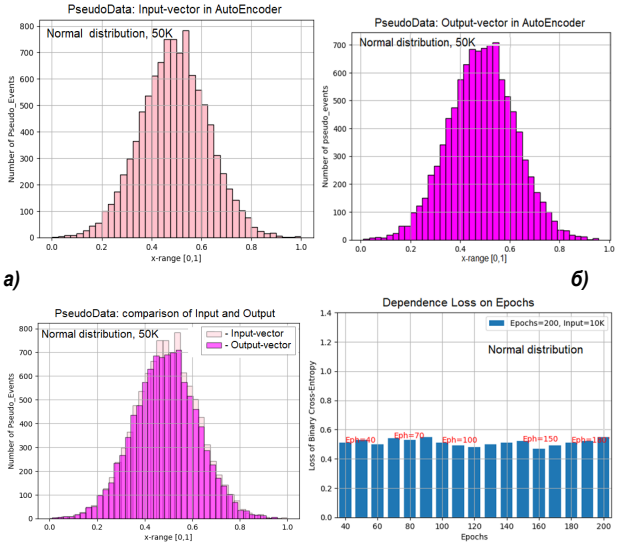
Число аномалий в синтетических данных, имеющих экспоненциальное распределение как на Рис. 2.

x_{mean}	3 ·σ	AT	*Binary cross-entropy*	*Number of anomalies*
0.7679	0.2251	0.9930	~0.2473	0.0000

Методика применения автоэнкодера для поиска аномалий оправдывает себя в этом случае, потому как работу нейронной сети автоэнкодера можно считать хорошей. Поскольку средняя ошибка *binary cross-entropy* (*BCE),* меньше расчетного адаптивного порога, что и следовало ожидать.

6. Поиск аномалий с помощью автоэнкодера в синтетических данных, имеющих нормальное распределение.

Синтетические данные сгенерированы с помощью библиотек *Python* согласно нормальному распределению, (см. Рис. 3). Размер входного вектора *Input*: 50K событий. Поведение векторов входного и выходного (см. Рис. 3 а), б), в) для *Input* и *Output)* подобно. Тренинг проделан для 200 эпох. Выборка *Train* взята в размере 0.8 от величины входного вектора *Input*. На Рис. 3 г) приведена зависимость ошибки *BCE* от количества эпох, расчет сделан для входного вектора 10K.



а) б) в) г)

Рис. 3. *Нормальное распределение, синтетические данные. Размер Input: 50K событий. Обучение проделано для 200 эпох. Выборка (Train) взята в размере 0.8 от Input. а) Вектор Input. б) Вектор Output. в) Сравнение векторов: Input и Output. г) Зависимость ошибки BCE от количества эпох.*

Рассчитаем число аномалий (Рис. 3). Воспользуемся формулой (1). Важно помнить, что число аномалий положительно, если ошибка реконструкции больше адаптивного порога AT [15, 16]. В нашем случае средняя ошибка *binary cross-entropy*(*BCE)* есть ~0.5029, что меньше AT. При генерации 10K событий число аномалий будет как в Таблице 4:

Таблица 4

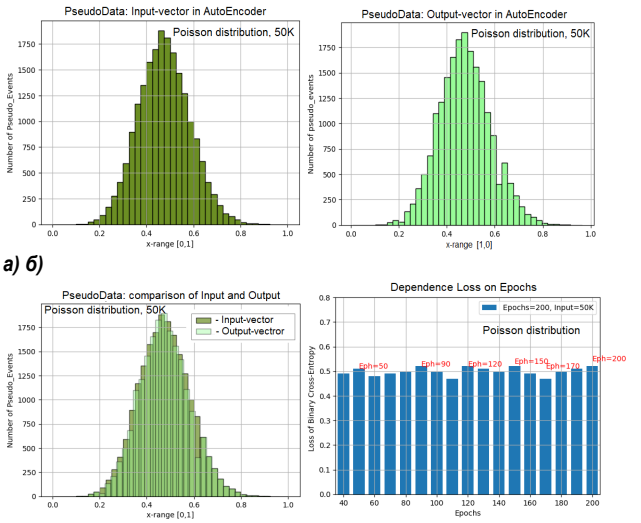
Число аномалий всинтетических данных, имеющих нормальное распределение, как на Рис. 3.

x_{mean}	3 ·σ	AT	*Binary cross-entropy*	*Number of anomalies*
0.3261	0.2320	0.5581	~0.5029	0.0000

Методика применения автоэнкодера для поиска аномалий оправдывает себя также и в случае выбора нормального распределения, потому как работу нейронной сети автоэнкодера можно считать хорошей. Поскольку средняя ошибка *binary cross-entropy* (*BCE)* меньше расчетного адаптивного порога, что и следовало ожидать.

7. Поиск аномалий с помощью автоэнкодера в синтетических данных, имеющих распределение Пуассона

Синтетические данные сгенерированы с помощью библиотек *Python* согласно нормальному распределению, (см. Рис. 4). Размер входного вектора *Input*: 50K событий. Поведение векторов входного и выходного (см. Рис. 4 а), б), в) для *Input* и *Output)* подобно. Обучение проделано для 200 эпох. Выборка (*Train)* взята в размере 0.8 от величины входного вектора *Input*. На Рис. 4 г) приведена зависимость ошибки *binary cross-entropy (BCE)* от количества эпох.



а) б) в) г)

Рис. 4. *Распределение Пуассона, синтетические данные. Размер Input: 50K событий. Обучение проделано для 200 эпох. Выборка (Train) взята в размере 0.8 от Input. а) Вектор Input. б) Вектор Output. в) Сравнение векторов: Input и Output. г) Зависимость ошибки binar□ cross-entrop□ (BCE) от количества эпох.*

Рассчитаем число аномалий (Рис. 4) для случая распределения Пуассона [14, 15]. Воспользуемся формулой (1). Важно помнить, что число аномалий положительно, если ошибка реконструкции больше адаптивного порога AT [15, 16]. В нашем случае средняя ошибка *binary cross-entropy* (*BCE)* есть *~0.4975*, что меньше AT**.** Для взятого распределения Пуассона (Рис. 4) при генерации 50K событий число аномалий будет как в Таблице 5:

Таблица 5

Число аномалий всинтетических данных, имеющих распределение Пуассона, как на Рис. 4.

x_{mean}	3 ·σ	AT	*Binary cross-entropy*	*Number of anomalies*
0.3307	0.2373	0.5680	~0.4975	0.0000

Методика применения автоэнкодера для поиска аномалий оправдывает себя также и в случае выбора распределения Пуассона. Работу нейронной сети автоэнкодера во всех трех случаях можно считать хорошей, так как средняя ошибка *binary cross-entropy* (*BCE)* меньше расчетного адаптивного порога. Естественно возникает вопрос: почему число аномалий во всех трех случаях равно нулю? Это элементарно. Генерация синтетических данных осуществлялась без всяких аномалий. Мы использовали классический вариант тестирования, что является начальным этапом при обучении автоэнкодера задаче обнаружения аномалий. Данный этап прошел успешно.

Заключение

Цели статьи и поставленные авторами задачи достигнуты. Подробно рассмотрена методика применения нейронной сети автоэнкодера для поиска аномалий в рабочих наборах данных. Для чего с помощью пакета *Python* были сгенерированы три набора синтетических данных: экспоненциального, нормального и распределения Пауссона.

Последовательно проделан анализ и визуализация данных; они необходимы для лучшего понимания качества полученных ИНД. После

этого в целях проверки работоспособности методики было проведено тестирование программного обеспечения, то есть автоэнкодера. Результаты работы нейронной сети автоэнкодера представлены в Таблицах 3, 4 и 5.

На первый взгляд методика себя показала с лучшей стороны, и ее можно смело применять на практике. Однако в планах должно быть дальнейшее исследование. Можем ли мы быть уверенными, что использование полностью синтетических данных гарантирует качество и надежность моделей для обучения нейросетей? Тут все зависит от типа задачи. Если в качестве практического применения синтетические данные необходимы для научного анализа в эксперименте, то следующим этапом должна быть генерация синтетических данных, содержащих аномалии, например, узкий или широкий резонанс, что важно в физических экспериментах на ускорителях.

Литература

1. Raghunathan, Trivellore, Syntheticdata. //Annual review of statistics and its application. Vol. 8, Issue 1, PP. 129–140, 2021, Vol. 8, Issue 1, PP. 129–140.

2. Nikolenko Sergey I. Synthetic data for deep learning. //arXiv:1909.11512v1, 2021. T. 174,ISBN 978-3-030-75177-7.

3. Abowd, John M. Confidentiality protection of social science micro data: synthetic data and related methods. 2011.

4. Sakurada Mayu, Yairi Takehisa.Anomaly Detection Using Autoencoders with Nonlinear Dimensionality Reduction.// Proceedings of the MLSDA 2014 2nd Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis – MLSDA'14.Gold Coast, Australia QLD, Australia: ACM Press, 2014.P. 4–11.ISBN 978-1-4503-3159-3.doi:10.1145/2689746.2689747.

5. Д.А. Сафронов, Ю.А. Кацер, К.С. Зайцев. Поиск аномалий с помощью автоэнкодеров. // International journal of open information technologies ISSN: 2307-8162 vol. 10, no. 8, 2022.

6. Tahmasebi, Pejman; Hezarkhani, Ardeshir.Application of a Modular Feedforward Neural Network for Grade Estimation // Natural Resources Research. 20 (1). 21 January 2011.C. 25–32.doi:10.1007/s11053-011-9135-3.

7. *LHC Higgs Cross Section Working Group; Dittmaier; Mariotti; Passarino; Tanaka; Alekhin; Alwall; Bagnaschi; Banfi.* Handbook of LHC Higgs Cross Sections: 2. Differential Distributions (англ.) // CERN Report 2 (Tables A.1 – A.20) : journal. — 2012. — Vol. 1201. — P. 3084. — arXiv:1201.3084.

8. "Information and Communications Security" in Proceedings of the 4thInternational Conference, ICICS 2002 Singapore.

9. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun. Deep Residual Learning for Image Recognition.// arXiv:1512.03385 [cs].2015-12-10.

10. Wasserman P. D.Experiments in translating Chinese characters using backpropagation. // Proceedings of the Thirty-Third IEEE Computer Society International Conference. Washington: D. C.: Computer Society Press of the IEEE, 1988.

11. Autoencoder for Words, Liou, C.-Y., Cheng, C.-W., Liou, J.-W., and Liou, D.-R., Neurocomputing, Volume 139, 84-96 (2014),doi:10.1016/j.neucom.2013.09.055.

12. LSTM-autoencoder-model, https://github.com/ssmrabet/lstm-autoencoder-model.

13. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A., Foundation of machine learning. //Mit press, 2012.

14. Zaki M. J., Meira W., Data mining and machine learning. // Cambridge university press, 2020.

15. Головко, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головко, В. В. Краснопрошин. // Минск : БГУ, 2017. – 263 с. isbn 978-985-566-467-4.

16. Carpenter, G.A. & Grossberg, S. Adaptive resonance theory. The handbook of brain theory and neural networks, second edition (pp. 87-90). // Cambridge, MA: mit press, 2003.

Use of neural networks of the autoencoder class in scientific researches

Karpov D.S., Karpova Z.M.
LLC SOFICOM, Joint Institute for Nuclear Research

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

In the article we consider an application of the autoencoder neural networkin order to search for anomalies in the synthetic data received by means of generators (of standard libraries in the *Python*package*)*. As artificial data sets allow to solve the problems relating to shortage of the data, the questions of confidentiality and safety of the information, qualitative simulation and also artificial data sets allow us to check reliability of models of the Machine Learning, that is why in the article these data are used for quality check of the taken model of the autoencoder neural network.On examples of distributions of three artificial data sets - an exponential distribution, a normal distribution and distribution of Poisson, - we successfully test a method of anomalies detection.

Keywords: Computer and information technologies, generation of the synthetic data, anomalies detection, neural networks, autoencoder.

References

1. Raghunathan, Trivellore, Syntheticdata. //Annual review of statistics and its application. Vol. 8, Issue 1, PP. 129–140, 2021, Vol. 8, Issue 1, PP. 129–140.
2. Nikolenko Sergey I. Synthetic data for deep learning. //ARXIV:1909.11512V1, 2021. T. 174, ISBN 978-3-030-75177-7.
3. Abowd, John M. Confidentiality protection of social science micro data: synthetic data and related methods. 2011.
4. Sakurada Mayu, Yairi Takehisa. Anomaly Detection Using Autoencoders with Nonlinear Dimensionality Reduction. // Proceedings of the MLSDA 2014 2nd Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis – MLSDA'14. Gold Coast, Australia QLD, Australia: ACM Press, 2014. P. 4–11. ISBN 978-1-4503-3159-3. doi: 10.1145/2689746.2689747.
5. D. A. Safronov, Yu. A. Katser, K. S. Zaitsev. Anomaly Detection Using Autoencoders. // International journal of open information technologies ISSN: 2307-8162 VOL. 10, NO. 8, 2022.
6. Tahmasebi, Pejman; Hezarkhani, Ardeshir. Application of a Modular Feedforward Neural Network for Grade Estimation // Natural Resources Research. 20(1). 21 January 2011.S. 25–32.doi:10.1007/s11053-011-9135-3.
7. LHC Higgs Cross Section Working Group; Dittmaier; Mariotti; Passarino; Tanaka; Alekhin; Alwall; Bagnaschi; Banfi. Handbook of LHC Higgs Cross Sections: 2. Differential Distributions (English) // CERN Report 2 (Tables A.1 – A.20): journal. - 2012. - Vol. 1201. - P. 3084. - arXiv:1201.3084.
8. "Information and Communications Security" in Proceedings of the 4th International Conference, ICICS 2002 Singapore.
9. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun. Deep Residual Learning for Image Recognition.// arXiv:1512.03385 [cs].2015-12-10.
10. Wasserman P. D. Experiments in translating Chinese characters using backpropagation. // Proceedings of the Thirty-Third IEEE Computer Society International Conference. Washington: D.C.: Computer Society Press of the IEEE, 1988.
11. Autoencoder for Words, Liou, C.-Y., Cheng, C.-W., Liou, J.-W., and Liou, D.-R., Neurocomputing, Volume 139, 84-96 (2014), doi:10.1016/j.neucom.2013.09.055.
12. LSTM-autoencoder-model, https://github.com/ssmrabet/lstm-autoencoder-model.
13. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A., Foundation of machine learning. //Mit press, 2012.
14. Zaki M. J., Meira W., Data mining and machine learning. // Cambridge University Press, 2020.
15. Golovko, V. A. Neural Network Data Processing Technologies: A Tutorial / V. A. Golovko, V. V. Krasnoproshin. // Minsk: BSU, 2017. – 263 p. ISBN 978-985-566-467-4.
16. Carpenter, G. A. & Grossberg, S. Adaptive Resonance Theory. The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, Second Edition (pp. 87-90). // Cambridge, MA: mit press, 2003.

Современные методы модуляции на базе OFDM для систем видимого диапазона связи: анализ и перспективы развития

Касаткин Денис Владимирович
студент кафедры радиоэлектронных средств, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), deniskasatkin04@yandex.ru

В статье проводится комплексный анализ современных методов модуляции на основе ортогонального частотного уплотнения (OFDM) для систем связи видимого диапазона (LiFi). Рассмотрены основные технические вызовы, связанные с применением OFDM в оптических беспроводных системах, включая необходимость обеспечения унимодулярности сигнала и высокую вычислительную сложность. Проанализированы различные подходы к генерации унимодулярных сигналов: DCO-OFDM, ACO-OFDM, LACO-OFDM и гибридные методы. Особое внимание уделено применению методов глубокого обучения для оценки канала и улучшения характеристик системы. Показано, что использование проекционного слоя LSTM (LSTMP) позволяет достичь баланса между точностью оценки канала и вычислительной сложностью. Результаты исследования демонстрируют перспективность комбинирования усовершенствованных схем модуляции OFDM с методами машинного обучения для создания высокоэффективных систем LiFi следующего поколения.
Ключевые слова: LiFi, видимый диапазон связи, OFDM, модуляция, глубокое обучение, оценка канала, LSTMP, спектральная эффективность.

Современный этап развития информационных технологий характеризуется экспоненциальным ростом спроса на беспроводную передачу данных. По прогнозам экспертов, к 2025 году объем глобального интернет-трафика превысит 4 зеттабайта в месяц [1]. Традиционные радиочастотные технологии, работающие в диапазоне до 300 ГГц, приближаются к пределу своих возможностей по пропускной способности. В этой связи особый интерес представляет использование видимого и инфракрасного диапазонов оптического спектра, предлагающих совокупную полосу пропускания около 780 ТГц [2].

Технология Light Fidelity (LiFi), использующая видимый свет для передачи данных, emerged как перспективная альтернатива или дополнение к существующим WiFi-системам. LiFi обладает рядом уникальных преимуществ: отсутствие электромагнитных помех, повышенная безопасность передачи данных, возможность одновременного использования для освещения и связи, а также отсутствие необходимости лицензирования спектра [3].

Центральным элементом систем LiFi является метод модуляции. Среди различных подходов особое место занимает ортогональное частотное уплотнение (OFDM), обеспечивающее высокую спектральную эффективность и устойчивость к межсимвольной интерференции. Однако применение OFDM в оптических беспроводных системах сопряжено с рядом специфических вызовов, требующих нетривиальных технических решений.

Целью данной работы является комплексный анализ современных методов модуляции на базе OFDM для систем LiFi, оценка их характеристик и перспектив развития с учетом последних достижений в области глубокого обучения.

В отличие от традиционных радиочастотных систем, оптические беспроводные системы используют интенсивностную модуляцию с прямой детекцией (IM/DD). Это накладывает фундаментальные ограничения на передаваемый сигнал: он должен быть действительным и неотрицательным [4].

Стандартный OFDM генерирует комплекснозначные сигналы, что требует модификации базовой схемы. Для обеспечения действительности сигнала применяется эрмитова симметрия:

$X_k = X^*_{N-k}$, k = 1, 2, ..., N-1, (1)

$X_k = 0$, k = 0 и k = N/2, (2)

где X_k – символы на поднесущих;

N – количество поднесущих [5].

После применения обратного быстрого преобразования Фурье (IFFT) получаем сигнал во временной области:

$x_n = 1 / \sqrt{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k \exp(j (2\pi / N) nk)$, n = 0, 1, ..., N-1, (3)

Однако полученный сигнал все еще может принимать отрицательные значения, что недопустимо для IM/DD систем. Для решения этой проблемы разработаны различные схемы генерации унимодулярных сигналов.

DCO-OFDM (DC-biased Optical OFDM) представляет собой наиболее простой подход, при котором к сигналу добавляется постоянная составляющая (DC bias) для обеспечения его положительности [6]:

$s_{DCO} = s_{n,clipped} + B_{DC}$, (4)

где B_{DC} – постоянная составляющая;

$s_{n,clipped}$ – сигнал после ограничения по верхнему и нижнему уровням.

Преимуществом DCO-OFDM является высокая спектральная эффективность и простота реализации. Однако добавление постоянной составляющей приводит к дополнительным энергозатратам, так как DC-компонента не несет полезной информации.

ACO-OFDM (Asymmetrically Clipping Optical OFDM) использует альтернативный подход: данные передаются только по нечетным поднесущим, что обеспечивает антисимметрию сигнала во временной области [7]:

$s_n = -s_{n+N/2}$, $0 \le n < N/2$, (5)

Это свойство позволяет просто обрезать отрицательную часть сигнала без потери информации, так как шум от обрезания попадает только на четные поднесущие, которые не используются для передачи данных.

Структура кадра для ACO-OFDM имеет вид:

$S = [0, S_1, 0, ..., S_{N/2-1}, 0, S^*_{N/2-1}, ..., 0, S^*_1]$

ACO-OFDM обеспечивает лучшую энергоэффективность по сравнению с DCO-OFDM, но имеет вдвое меньшую спектральную эффективность.

LACO-OFDM (Layered ACO-OFDM) был разработан для преодоления недостатков ACO-OFDM по спектральной эффективности [8]. Идея заключается в использовании нескольких слоев ACO-OFDM, где каждый последующий слой заполняет поднесущие, не используемые предыдущими слоями.

Как показано в исследовании [8], оптимальное количество слоев составляет четыре, что позволяет достичь спектральной эффективности 1,875 бит/с/Гц и скорости передачи данных 375 Мбит/с – вдвое выше, чем у обычного ACO-OFDM.

Одной из ключевых проблем в системах LiFi является оценка состояния канала (Channel State Information, CSI), особенно в условиях высокой мобильности и нестационарных характеристик канала [9]. Традиционные методы, такие как метод наименьших квадратов (LS) и метод минимальной среднеквадратичной ошибки (MMSE), имеют существенные ограничения:

• LS-метод прост в реализации, но обладает низкой точностью;

• MMSE-метод обеспечивает высокую точность, но требует априорной информации о статистике канала второго порядка и дисперсии шума, а также имеет высокую вычислительную сложность.

В условиях быстро меняющегося канала (от англ. time-variant channels) эти проблемы усугубляются, так как требуется частое обновление оценок параметров канала.

В работе [10] предложен инновационный подход к оценке канала на основе рекуррентных нейронных сетей с долгой краткосрочной памятью (LSTM) с добавлением проекционного слоя (LSTMP).

Архитектура LSTM включает три типа вентилей:

• входной вентиль i_t;

• вентиль забывания f_t;

• выходной вентиль o_t.

Уравнения для LSTM имеют вид:

$i_t = \sigma(\phi_i x_t + \phi_{ih} h_{t-1} + b_i)$, (6)

$o_t = \sigma(\phi_o x_t + \phi_{oh} h_{t-1} + b_o)$, (7)

$f_t = \sigma(\phi_f x_t + \phi_{fh} h_{t-1} + b_f)$, (8)

$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t$, (9)

где σ – функция активации;

ϕ – весовые матрицы;

b – векторы смещения;

g_t – кандидат на обновление ячейки памяти.

Количество параметров в стандартной LSTM-сети вычисляется как:

$N_{LSTM} = 3n_i n_c + 3n^2_c + n_c n_o$, (10)

где n_i, n_o, n_c – размерности входа, выхода и количества ячеек памяти соответственно.

LSTMP добавляет проекционный слой, который уменьшает размерность скрытого состояния перед его передачей на следующий временной шаг. Это позволяет сократить количество параметров:

$N_{LSTMP} = 3n_i n_c + 3n_c n_r + n_r n_o$, (11)

где n_r – размерность проекционного слоя, причем $n_r < n_c$.

Если $3n_c n_r < 4n^2_c$, LSTMP может ускорить обучение модели при сохранении или даже улучшении точности [10].

В работе [10] проводится сопоставление архитектуры LSTMP с классическими алгоритмами оценки канала (LS, MMSE) и рядом нейросетевых решений, включая стандартный LSTM и одномерную свёрточную сеть. Эксперименты выполнялись в условиях рэлеевского замирания для OFDM-систем. При использовании 64 пилотных символов среди методов на основе глубокого обучения наилучшие результаты демонстрирует именно LSTMP. Тем не менее абсолютным лидером остаётся MMSE, что объясняется его опорой на априорную статистику канала второго порядка.

Ситуация меняется при снижении числа пилотов до восьми: в этом режиме все рассматриваемые DL-модели обходят традиционные подходы. Особо выделяется LSTMP, обеспечивающий выигрыш в 8–10 дБ по SNR относительно MMSE. Примечательно, что при меньшем объёме параметров (около 65 тыс. против 143 тыс. у LSTM и 49,6 тыс. у 1D-CNN) предложенная модель достигает точности 98,87%, опережая аналоги (97,88% и 98,51% соответственно). Ещё один важный аспект – вычислительная эффективность на этапе инференса: прогон обученных сетей требует существенно меньше времени, чем аналитические расчёты по LS и MMSE, что открывает возможность их внедрения в системы реального времени после предварительного офлайн-обучения.

Для комплексной оценки различных схем OFDM в системах LiFi используются ключевые метрики, представленные нами ниже.

Энергоэффективность (EE):

$\eta_{EE} = C/P$, (12)

где C – пропускная способность канала;

P – потребляемая мощность LED [11].

Спектральная эффективность (SE):

$\eta_{SE} = C/W$, (13)

где W – полоса пропускания.

Пик-фактор (PAPR – Peak-to-Average Power Ratio):

$PAPR = \max\{|x[n]|^2\} / E\{|x[n]|^2\}, n \in \{0, 1, ..., N-1\}$, (14)

Высокий PAPR является одним из основных недостатков OFDM, так как снижает отношение сигнал/шум квантования (SQNR) АЦП/ЦАП и требует большого динамического диапазона линейных усилителей [12].

Для OFDM-методов сложность определяется операцией N-точечного IFFT/FFT и выражается как O(N \log_2 N) [13].

Проведённый анализ позволяет выявить характерные компромиссы для рассматриваемых схем модуляции. Так, DCO-OFDM формирует наиболее благоприятные показатели PAPR, что достигается введением постоянного смещения, повышающего среднюю оптическую мощность. Однако такая особенность оборачивается снижением энергоэффективности: постоянная составляющая не участвует в переносе полезной информации и расходуется впустую.

В противовес этому ACO-OFDM демонстрирует существенно лучшую энергетическую отдачу, но платит за это ограничением спектральной эффективности, поскольку данные передаются лишь на половине доступных поднесущих. Наиболее сбалансированным решением выглядит гибридный подход LACO-OFDM: он сохраняет высокую энергоэффективность, восстанавливает полную спектральную отдачу (на уровне DCO-OFDM) и при этом удерживает PAPR на приемлемом уровне. Тем не менее, за эту универсальность приходится платить вычислительными затратами на стороне приёмника, сложность которого при использовании L слоёв составляет:

$CR_L = O(N \log_2 N) + 2 \sum^{L}_{l=1} O(N/2^{l-1} \log_2(N/2^{l-1}))$, (15)

Что упрощается до:

$CR_L = (5 - 1/2^{L-3}) O(N \log_2 N)$, (16)

Это означает, что сложность приемника LACO-OFDM почти в 5 раз выше, чем у ACO-OFDM, но на практике составляет примерно 2 раза благодаря возможности повторного использования одного N-точечного FFT/IFFT блока [8].

ADO-OFDM комбинирует ACO-OFDM на нечетных поднесущих и DCO-OFDM на четных, обеспечивая хорошую спектральную эффективность, но добавление DC-смещения приводит к потерям энергоэффективности.

Анализ современных подходов к модуляции в LiFi-системах позволяет обозначить несколько направлений, которые сейчас активно развиваются и выглядят наиболее перспективными.

В первую очередь это адаптивные схемы. Например, в [14] описана модификация LACO-OFDM, где количество слоёв не фиксировано, а подбирается динамически. Авторы предлагают выбирать оптимальное число слоёв через моделирование, балансируя между пропускной способностью, уровнем ошибок (BER), спектральной эффективностью и вычислительными затратами. Отдельного внимания заслуживают гибридные решения, объединяющие продвинутые OFDM-схемы с алгоритмами глубокого обучения. Такие подходы особенно полезны для оценки состояния канала и компенсации нелинейных искажений светодиодов, что напрямую сказывается на общей надёжности связи.

Не менее важна работа с пик-фактором (PAPR). Для LACO-OFDM уже предложено несколько рабочих методик: применение дискретного преобразования Хартли (DHT) даёт выигрыш порядка 4,2 дБ [15], техника инжекции тонов снижает показатель примерно на 5 дБ [16], а вариант с циклическим сдвигом демонстрирует стабильные результаты в реальных условиях [17]. Поскольку LiFi по задумке должна работать в рамках обычного освещения, без поддержки регулировки яркости не обойтись. В [18] предложена адаптированная версия LACO-OFDM, совмещённая с ШИМ. Такой подход сохраняет высокую спектральную эффективность даже при изменении яркости в диапазоне от 20 до 80%.

Что касается аппаратной части, то для внедрения OFDM в LiFi всё чаще выбирают ПЛИС (FPGA). Это решение привлекает исследователей гибкостью архитектуры, относительно коротким циклом разработки и доступной стоимостью, а главное – возможностью «на лету» реализовывать сложные алгоритмы цифровой обработки сигналов [19]. Показательно, что уже существуют рабочие прототипы VLC-систем на FPGA, способные выдавать скорость свыше 150 Мбит/с [20].

С одной стороны, LiFi выгодно отличается тем, что может опираться на уже развёрнутую инфраструктуру светодиодного освещения. С другой – массовые белые светодиоды (синий кристалл + люминофор) страдают от узкой полосы пропускания, обычно не превышающей 2–5 МГц из-за инерционности люминофора [21]. Обойти это ограничение помогают несколько приёмов: установка синего фильтра на приёмной стороне, разбиение спектра OFDM на независимые подполосы, каждая из

которых привязывается к отдельному чипу в светильнике [22], либо переход на GaN-микро-LED, способные работать на скоростях до 8 Гбит/с [23].

По мере роста интереса к технологии встаёт вопрос стандартизации. Базовые требования к модуляции и совместимости с системами освещения уже закреплены в IEEE 802.15.7 [24], но отрасль продолжает развиваться, и нормативная база будет обновляться. При этом нельзя игнорировать и экономико-правовой контекст: например, регулирование параллельного импорта оборудования напрямую влияет на доступность компонентов и конечную стоимость развёртывания сетей в разных регионах [25].

Обобщая приведённые данные, можно отметить следующее. На текущем этапе LACO-OFDM выглядит наиболее сбалансированным решением: она сохраняет энергоэффективность, не перегружает вычислительные блоки и при грамотной настройке (например, на четырёх слоях) даёт двукратный выигрыш в спектральной эффективности по сравнению с классическим ACO-OFDM. Параллельно набирают силу методы машинного обучения для оценки канала. Архитектуры вроде LSTMP показывают, что даже при малом числе пилот-сигналов и высокой динамике канала точность оценки может достигать 98,87% при всего 65 тыс. параметров, что заметно превосходит как обычные LSTM, так и свёрточные сети. Сочетание таких нейросетевых подходов с усовершенствованными схемами модуляции создаёт задел для систем LiFi, устойчивых к реальным условиям эксплуатации и высокой мобильности пользователей.

Практическое развёртывание, однако, требует решения ряда инженерных задач: ограничения полосы коммерческих LED, необходимости плавного диммирования, контроля PAPR и оптимизации вычислительных затрат. Здесь на помощь приходят специализированные аппаратные платформы и новые оптические компоненты. В долгосрочной перспективе исследования, судя по всему, сместятся в сторону адаптивных модуляционных профилей, интеграции MIMO и массового MIMO для оптических каналов, а также более тонкой компенсации нелинейностей как светодиодов, так и фотоприёмников.

Технология LiFi всё ещё находится в фазе активного становления, однако эксперты сходятся во мнении, что она станет важным дополнением к радиочастотным сетям в эпоху 5G и будущих архитектур 6G [26, 27]. Синтез оптической беспроводной связи и современных методов обработки сигналов, включая алгоритмы на базе ИИ, создаёт условия для качественного перехода к более ёмким и надёжным сетям передачи данных.

Литература

1. Haas H. LiFi: Conceptions, misconceptions and opportunities // Proceedings of the 2016 IEEE Photonics Conference (IPC). Waikoloa, HI, USA, 2016. P. 680–681.
2. Haas H. LiFi is a paradigm-shifting 5G technology // Rev. Phys. 2018. Vol. 3. P. 26–31.
3. Haas H., Yin L., Wang Y., Chen C. What is LiFi? // J. Light. Technol. 2016. Vol. 34. P. 1533–1544.
4. Armstrong J. OFDM for optical communications // J. Light. Technol. 2009. Vol. 27. P. 189–204.
5. Wang J., Xu Y., Ling X., Zhang R., Ding Z., Zhao C. PAPR analysis for OFDM visible light communication // Opt. Express. 2016. Vol. 24. P. 27457–27474.
6. Deng X., Mardanikorani S., Zhou G., Linnartz J.-P.M. DC-bias for optical OFDM in visible light communications // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 98319–98330.
7. Armstrong J., Lowery A.J. Power efficient optical OFDM // Electron. Lett. 2006. Vol. 42. P. 370–372.
8. Wang Q., Qian C., Guo X., Wang Z., Cunningham D.G., White I.H. Layered ACO-OFDM for intensity-modulated direct-detection optical wireless transmission // Opt. Express. 2015. Vol. 23. P. 12382–12393.
9. Arfaoui M.A., Soltani M.D., Tavakkolnia I., Ghrayeb A., Assi C.M., Safari M., Haas H. Measurements-Based Channel Models for Indoor LiFi Systems // IEEE Trans. Wirel. Commun. 2021. Vol. 20. P. 827–842.
10. Roozitalab T., Bahramgiri H., Farhang M., Javadyfar A. Deep Learning-based Channel Estimation in OFDM Systems for Time-varying Rayleigh Fading Channels // Journal of Communication Engineering. 2022. Vol. 11, No. 1. P. 1–20.
11. Sun Y., Yang F., Cheng L. An overview of OFDM-based visible light communication systems from the perspective of energy efficiency versus spectral efficiency // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 60824–60833.
12. Zhang X., Wang Q., Zhang R., Chen S., Hanzo L. Performance analysis of layered ACO-OFDM // IEEE Access. 2017. Vol. 5. P. 18366–18381.
13. Mardanikorani S., Deng X., Linnartz J.-P.M. Optimization and Comparison of M-PAM and Optical OFDM Modulation for Optical Wireless Communication // IEEE Open J. Commun. Soc. 2020. Vol. 1. P. 1721–1737.
14. Yang F., Sun Y., Gao J. Adaptive LACO-OFDM with variable layer for visible light communication // IEEE Photonics J. 2017. Vol. 9. P. 1–8.
15. Zhou J., Wang Q., Cheng Q., Guo M., Lu Y., Yang A., Qiao Y. Low-PAPR layered/enhanced ACO-SCFDM for optical-wireless communications // IEEE Photonics Technol. Lett. 2017. Vol. 30. P. 165–168.
16. Zhang X., Wang Q., Zhang R., Chen S., Hanzo L. Performance analysis of layered ACO-OFDM // IEEE Access. 2017. Vol. 5. P. 18366–18381.
17. Hu W. Design of a cyclic shifted LACO-OFDM for optical wireless communication // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 76708–76714.
18. Li B., Xu W., Feng S., Li Z. Spectral-efficient reconstructed LACO-OFDM transmission for dimming compatible visible light communications // IEEE Photonics J. 2019. Vol. 11. P. 1–14.
19. Figueiredo M., Ribeiro C., Alves L.N. Live demonstration: 150Mbps+ DCO-OFDM VLC // Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). Montreal, QC, Canada, 2016. P. 457.
20. Alindra R., Priambodo P.S., Ramli K. FPGA Implementation of OFDM-based Visible Light Communication System // Proceedings of the 2022 International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE). Yogyakarta, Indonesia, 2022. P. 1–6.
21. Zhang T., Ji H., Ghassemlooy Z., Tang X., Lin B., Qiao S. Spectrum-efficient triple-layer hybrid optical OFDM for IM/DD-based optical wireless communications // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 10352–10362.
22. Yeh C.H., Chen H.Y., Chow C.W., Liu Y.L. Utilization of multi-band OFDM modulation to increase traffic rate of phosphor-LED wireless VLC // Opt Express. 2015. Vol. 23. P. 1133–1138.
23. Islim M.S., Ferreira R.X., He X., Xie E., Videv S., Viola S., Watson S., Bamiedakis N., Penty R.V., White I.H. Towards 10 Gb/s orthogonal frequency division multiplexing-based visible light communication using a GaN violet micro-LED // Photonics Res. 2017. Vol. 5. P. A35–A43.
24. Rajagopal S., Roberts R.D., Lim S.-K. IEEE 802.15.7 visible light communication: Modulation schemes and dimming support // IEEE Commun. Mag. 2012. Vol. 50. P. 72–82.
25. Maskus K.E., Chen Y. Vertical Price Control and Parallel Imports // CIES Discussion Paper No. 99/21. University of Adelaide, 1999.
26. Wang C.-X., Haider F., Gao X., You X.-H., Yang Y., Yuan D., Aggoune H.M., Haas H., Fletcher S., Hepsaydir E. Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks // IEEE Commun. Mag. 2014. Vol. 52. P. 122–130.
27. Chowdhury M.Z., Shahjalal M., Ahmed S., Jang Y.M. 6G wireless communication systems: Applications, requirements, technologies, challenges, and research directions // IEEE Open J. Commun. Soc. 2020. Vol. 1. P. 957–975.

Modern ofdm-based modulation methods for visible light communication systems: analysis and development prospects

Kasatkin D.V.
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper presents a comprehensive analysis of modern orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)-based modulation techniques for visible light communication systems (LiFi). The main technical challenges associated with the application of OFDM in optical wireless systems are examined, including the requirement to ensure signal unipolarity and the issue of high computational complexity. Various approaches to generating unipolar signals are analyzed: DCO-OFDM, ACO-OFDM, LACO-OFDM, and hybrid methods. Particular attention is given to the application of deep learning methods for channel estimation and system performance enhancement. It is demonstrated that employing a projection layer in LSTM (LSTMP) enables achieving an optimal balance between channel estimation accuracy and computational complexity. The research findings demonstrate the promising potential of combining enhanced OFDM modulation schemes with machine learning methods to develop high-performance next-generation LiFi systems.

Keywords: LiFi, visible light communication, OFDM, modulation, deep learning, channel estimation, LSTMP, spectral efficiency.

References

1. Haas H. LiFi: Conceptions, misconceptions and opportunities // Proceedings of the 2016 IEEE Photonics Conference (IPC). Waikoloa, HI, USA, 2016. P. 680–681.
2. Haas H. LiFi is a paradigm-shifting 5G technology // Rev. Phys. 2018. Vol. 3. P. 26–31.
3. Haas H., Yin L., Wang Y., Chen C. What is LiFi? // J. Light. Technol. 2016. Vol. 34. P. 1533–1544.
4. Armstrong J. OFDM for optical communications // J. Light. Technol. 2009. Vol. 27. P. 189–204.
5. Wang J., Xu Y., Ling X., Zhang R., Ding Z., Zhao C. PAPR analysis for OFDM visible light communication // Opt. Express. 2016. Vol. 24. P. 27457–27474.
6. Deng X., Mardanikorani S., Zhou G., Linnartz J.-P.M. DC-bias for optical OFDM in visible light communications // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 98319–98330.

7. Armstrong J., Lowery A.J. Power efficient optical OFDM // Electron. Lett. 2006. Vol. 42. P. 370–372.
8. Wang Q., Qian C., Guo X., Wang Z., Cunningham D.G., White I.H. Layered ACO-OFDM for intensity-modulated direct-detection optical wireless transmission // Opt. Express. 2015. Vol. 23. P. 12382–12393.
9. Arfaoui M.A., Soltani M.D., Tavakkolnia I., Ghrayeb A., Assi C.M., Safari M., Haas H. Measurements-Based Channel Models for Indoor LiFi Systems // IEEE Trans. Wirel. Commun. 2021. Vol. 20. P. 827–842.
10. Roozitalab T., Bahramgiri H., Farhang M., Javadyfar A. Deep Learning-based Channel Estimation in OFDM Systems for Time-varying Rayleigh Fading Channels // Journal of Communication Engineering. 2022. Vol. 11, No. 1. P. 1–20.
11. Sun Y., Yang F., Cheng L. An overview of OFDM-based visible light communication systems from the perspective of energy efficiency versus spectral efficiency // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 60824–60833.
12. Zhang X., Wang Q., Zhang R., Chen S., Hanzo L. Performance analysis of layered ACO-OFDM // IEEE Access. 2017. Vol. 5. P. 18366–18381.
13. Mardanikorani S., Deng X., Linnartz J.-P.M. Optimization and Comparison of M-PAM and Optical OFDM Modulation for Optical Wireless Communication // IEEE Open J. Commun. Soc. 2020. Vol. 1. P. 1721–1737.
14. Yang F., Sun Y., Gao J. Adaptive LACO-OFDM with variable layer for visible light communication // IEEE Photonics J. 2017. Vol. 9. P. 1–8.
15. Zhou J., Wang Q., Cheng Q., Guo M., Lu Y., Yang A., Qiao Y. Low-PAPR layered/enhanced ACO-SCFDM for optical-wireless communications // IEEE Photonics Technol. Lett. 2017. Vol. 30. P. 165–168.
16. Zhang X., Wang Q., Zhang R., Chen S., Hanzo L. Performance analysis of layered ACO-OFDM // IEEE Access. 2017. Vol. 5. P. 18366–18381.
17. Hu W. Design of a cyclic shifted LACO-OFDM for optical wireless communication // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 76708–76714.
18. Li B., Xu W., Feng S., Li Z. Spectral-efficient reconstructed LACO-OFDM transmission for dimming compatible visible light communications // IEEE Photonics J. 2019. Vol. 11. P. 1–14.
19. Figueiredo M., Ribeiro C., Alves L.N. Live demonstration: 150Mbps+ DCO-OFDM VLC // Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). Montreal, QC, Canada, 2016. P. 457.
20. Alindra R., Priambodo P.S., Ramli K. FPGA Implementation of OFDM-based Visible Light Communication System // Proceedings of the 2022 International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE). Yogyakarta, Indonesia, 2022. P. 1–6.
21. Zhang T., Ji H., Ghassemlooy Z., Tang X., Lin B., Qiao S. Spectrum-efficient triple-layer hybrid optical OFDM for IM/DD-based optical wireless communications // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 10352–10362.
22. Yeh C.H., Chen H.Y., Chow C.W., Liu Y.L. Utilization of multi-band OFDM modulation to increase traffic rate of phosphor-LED wireless VLC // Opt Express. 2015. Vol. 23. P. 1133–1138.
23. Islim M.S., Ferreira R.X., He X., Xie E., Videv S., Viola S., Watson S., Bamiedakis N., Penty R.V., White I.H. Towards 10 Gb/s orthogonal frequency division multiplexing-based visible light communication using a GaN violet micro-LED // Photonics Res. 2017. Vol. 5. P. A35–A43.
24. Rajagopal S., Roberts R.D., Lim S.-K. IEEE 802.15.7 visible light communication: Modulation schemes and dimming support // IEEE Commun. Mag. 2012. Vol. 50. P. 72–82.
25. Maskus K.E., Chen Y. Vertical Price Control and Parallel Imports // CIES Discussion Paper No. 99/21. University of Adelaide, 1999.
26. Wang C.-X., Haider F., Gao X., You X.-H., Yang Y., Yuan D., Aggoune H.M., Haas H., Fletcher S., Hepsaydir E. Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks // IEEE Commun. Mag. 2014. Vol. 52. P. 122–130.
27. Chowdhury M.Z., Shahjalal M., Ahmed S., Jang Y.M. 6G wireless communication systems: Applications, requirements, technologies, challenges, and research directions // IEEE Open J. Commun. Soc. 2020. Vol. 1. P. 957–975.

Оптимизация запросов субд на основе метода машинного обучения

Климов Сергей Эдуардович
д.т.н., профессор, кафедра "Проектирование, строительство и технологии", Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», rector@s-vfu.ru,

Климов Илья Сергеевич
магистрант, Институт информационных технологий и компьютерных наук, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», welcome@misis.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы оптимизации обработки запросов данных, которые используются в центрах по обработке и хранению информации крупных IT компаний. Масштаб и объем обрабатываемой информации стремительно увеличивается, что требует применения новых нестандартных форм и нейросетевых моделей. Используемые подходы, лежащие в основе методов машинного обучения, позволяют создавать модели, которые обучаются на истории выполнения запросов и их планах для достижения минимальных значений принятых критериев оптимизации. Это снижает нагрузку на вычисления, что в итоге приводит к экономии энергоресурсов, затрачиваемых на работу с данными. В качестве модели многоклассовой классификации адаптивного оптимизатора запросов выбран алгоритм случайного леса, что обусловлено особенностями решаемой задачи. Признаковое пространство определено, как метрики входящего SQL-запроса, извлекаемые на основе синтаксического разбора и семантического анализа. Целевой функцией является адаптивная функция оценки энергопотребления, набор данных получен эмпирическим путем на основе бенчмарка TPC-H. Сформулированные ограничения и допущения подхода задают технические требования к программной реализации.
Ключевые слова: СУБД, база данных, машинное обучение, алгоритм случайного леса, информационная система, оптимизатор запроса данных, SQL-запрос.

Введение

Для структурированного хранения данных, целостности и надежности используются специализированные базы данных – упорядоченный набор структурированной информации или данных [1]. Взаимодействие с данными обеспечивают система управления базами данных (СУБД) – программный комплекс, обеспечивающий централизованное хранение данных и предоставляющий приложениям услуги по их обработке [2]. Они позволяют эффективно хранить данные, управлять ими, выполнять операции создания, поиска, удаления и изменения.

Для описания операций над данными формируется запрос – формализованное описание операции, преобразуемое СУБД в последовательность простейших операторов выполнения. Для манипулирования данными внутри СУБД используется язык запросов. Наиболее распространенным является язык структурированных запросов (SQL) – язык программирования для хранения и обработки информации в реляционной базе данных [2]. SQL запросы являются инструкциями, понятными системам управления реляционными базами данных. Например, для получения данных из таблицы используется команда SELECT, в которой можно передать источники, условия, правила фильтрации, сортировки и т.д. Для чтения данных из нескольких таблиц применяется операция JOIN, которая позволяет по ключу объединить две и более таблиц. Аналитики данных и разработчики часто используют SQL, так как это решение хорошо интегрируется с различными языками программирования, а также оно является довольно простым в базовом освоении [3].

Современные языки запросов являются декларативными, т.е. позволяют описать требуемый результат вычислений, но не способ выполнения этих вычислений. При этом эффективность является относительным понятием, поэтому многие СУБД представляют способы управления планом выполнения запроса.

Обсуждение

План выполнения запроса – последовательность операций, которые использует СУБД для выполнения запроса [4]. Традиционно выделяют логический и физический уровни планирования. Приведенное определение относится к физическому плану, который далее в тексте будет подразумеваться под планом выполнения запроса. Например, он показывает, как будут сканироваться таблицы, какой способ соединения таблиц будет применен и т.д. Логический план, в свою очередь, описывает набор операций реляционной алгебры и их взаимосвязь на концептуальном уровне, без указания конкретных алгоритмов. Исполнителю СУБД передается физический план, и влиять можно именно на него.

Обработка запросов представляет собой последовательность преобразований высокоуровневых выражений в низкоуровневые, которые могут быть выполнены на физическом уровне. Типовая архитектура включает в себя синтаксический и семантический анализ, переписывание запроса, оптимизацию и выполнение. На рисунке 1 показана обобщенная схема обработки запроса.

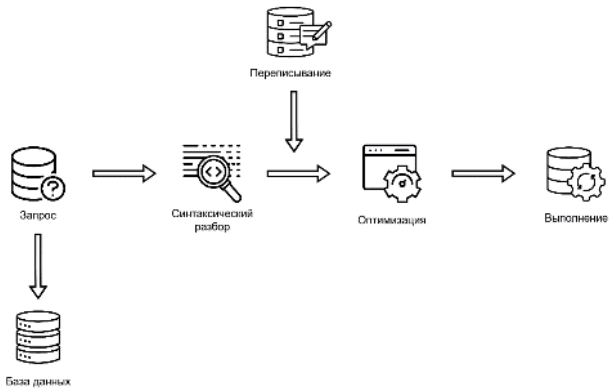


Рисунок 1 – Этапы обработки запроса

Наиболее значимым этапом является этап оптимизации, в рамках которого принимаются решения о порядке операций, способах доступа к данным и распределении ресурсов [2, 5]. Ошибочная оценка выбора плана приводит к значительному увеличению времени выполнения и ро-

сту потребления системы, поэтому важно уделять особое внимание данному этапу. Количество планов запросов достигает больших значений, оптимизатор СУБД выбирает наиболее эффективный, исходя из стоимости [6, 7]. Стоимость – метрика, используемая оптимизатором для оценки количества затраченных ресурсов на основе статистике данных, такой как распределение, размеры таблиц, доступность индекса и т.д. Она не равна времени выполнения запроса, а позволяет лишь примерно оценить, какой из планов будет эффективней с точки зрения количества операций ввода-вывода, объема обрабатываемых данных, числа операций, использования памяти [8]. Полученная оценка носит вероятностный характер и не всегда совпадает с фактическими показателями выполнения.

Каждый этап разработанного процесса представляет собой отдельный модуль, требующий детальной проработки. На рисунке 2 приведена модульная архитектура оптимизатора. Система включает в себя 4 взаимосвязанных компонента:

1) Интерфейс доступа к СУБД – обеспечивает получение статистической информации о размерах таблиц из системных каталогов.

2) Обработчик запросов – принимает исходный SQL-запрос, выполняет его синтаксический разбор и с помощью интерфейса к СУБД извлекает необходимые метрики.

3) Модель предсказания конфигурационного профиля – получает вектор метрик и на основе алгоритма определяет оптимальный конфигурационный профиль.

4) Модуль генерации SQL-инструкций – на основе полученного профиля генерирует инструкции, формируя итоговый запрос с конфигурацией.

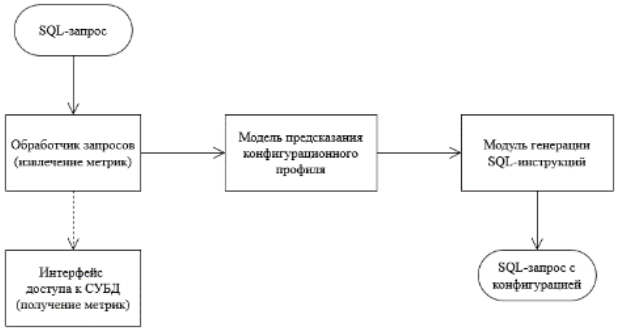


Рисунок 2 – Модульная архитектура адаптивного оптимизатора запросов

Представленная архитектура обеспечивает модульность, идемпотентность и детерминированность времени работы. Система разбита на логически независимые компоненты, что обеспечивает удобство разработки и отладки.

Ключевым компонентом системы адаптивного оптимизатора запросов является модель прогнозирования конфигурационного профиля. Формирование оптимальной конфигурации представляет собой задачу классификации: на основе входных данных модель определяет, к какому классу конфигураций отнести запрос.

В качестве входных параметров модели подаются метрики, извлекаемые из запроса на основе синтаксического и семантического анализа. Первом этапом составляется абстрактное синтаксическое дерево (англ. AST) – ориентированное дерево, представляющее собой структуру SQL-запроса, в котором вершины – операторы, листья – операнды. На его основе собираются параметры, которые характеризует определенный тип нагрузки. Затем на основе метаданных базы извлекаются статистические данные.

Таблица 1
Конфигурационные профили

Профиль	Сканирование таблиц	Соединение таблиц	Степень параллелизма	Лимит памяти
default	seq scan; index scan; bitmap scan	nested loop; hash join; merge join	2	4 МБ
index	index scan	nested loop	0	4 МБ
bitmap	bitmap scan	hash join; merge join	2	16 МБ
seq	seq scan	hash join; merge join	2	16 МБ
parallel	seq scan; index scan; bitmap scan	nested loop; hash join; merge join	4	64 МБ

Полученные метрики передаются в алгоритм, который сопоставляет значения с конфигурационным профилем. Так как между ними отсутствует прямая аналитическая связь, а зависимость носит нелинейный характер, целесообразно использовать методы машинного обучения. Машинное обучение – математическая дисциплина, в основе которой лежат теория вероятностей, математическая статистика, численные методы оптимизации, дискретный анализ, основной целью которого является выделение знаний из имеющихся данных. Под знанием подразумевается обученная модель, способная совершать предсказания на новых поступающих данных [9]. Рассматриваемая задача является задачей обучения с учителем, главная цель которой обучить модель на помеченных обучающих данных. Понятие «с учителем» относится к набору образцов, где метки уже известны. То есть на основе множества метрик с размеченными конфигурационными профилями строится модель, которая на новых данных выбирает один из пяти профилей.

Результаты

Одним из наиболее распространенных алгоритмов машинного обучения, применяемых в задачах классификации, являются деревья решений. Целью алгоритма является создание модели, которая представляет собой бинарное дерево, состоящее из узлов, ребер и листьев [10]. В каждом узле содержится некоторое подмножество примеров и признак (метрика запроса в рассматриваемой задаче), на основе которого создаются дочерние элементы. Ребра соответствуют значениям этого признака. В листьях, в отличие от узлов, отсутствует признак. В них указывается доля примеров, класс которых наиболее встречается в подмножестве (один из профилей). Главными преимуществами такого подхода являются интерпретируемость и управляемость: деревья позволяют строить правила в форме, понятной человеку, и, если некоторые примеры классифицированы неправильно, можно заново обучить только те вершины дерева, из-за которых это происходит. К недостаткам же относят зависимость от сбалансированности обучающих примеров и вероятность переобучения (при их нехватке высока вероятность выбрать закономерность, которая выполняется только на этих данных, но не будет верна для других объектов). На рисунке 3 представлен разработанная схема алгоритма дерева решений.

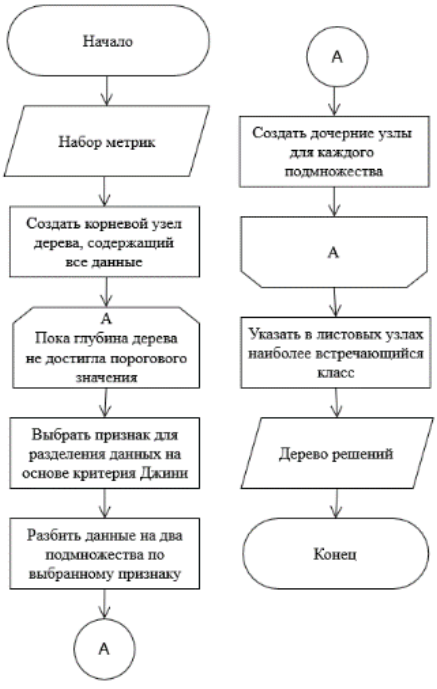


Рисунок 3 – Схема алгоритма дерева решений

Процесс построения дерева решений дерева начинается с корневого узла, содержащего все примеры. По выбранному критерию определяется признак, который лучше всего разделяет данные на два подмножества с сохранением в них как можно большего количества одинаковых значений целевой переменной.

Для поставленной задачи многоклассовой классификации выбран критерий Джини – формула (1).

$$H(S) = 1 - \sum_{k=1}^{K} p^2(k|S), \quad (1)$$

где $p(k|S)$ – доля объектов, принадлежащих k-му профилю в множестве S;

k – индекс, соответствующий метке конфигурационного профиля (default, index, bitmap, seq, parallel);

S – подмножество объектов, находящихся в узле дерева;

K – количество профилей (в рассматривающей задаче $K = 5$).

Задача сводится к минимизации данного значения. Для этого выборка в узле поочередно разбивается по каждому из 9-ти признаков и подбирается тот вариант, который обеспечивающий наибольшее снижение неоднородности классов. Каждое из подмножеств становится узлом следующего уровня дерева. Процесс разбиения продолжается до тех пор, пока не будет достигнут критерий остановки – глубина дерева не больше максимального заданного. Далее в каждом из листовых узлов указывается метка профиля, содержащегося в наибольшем количестве примеров, попавших в данный лист.

После обучения можно классифицировать приходящие объекты. Осуществляется обход дерева до соответствующего листа на основе заданных правил. По полученному профилю система определяет набор инструкций, направляемых оптимизатору СУБД.

Для решения проблем деревьев в работе применен алгоритм случайного леса, который объединяет в себе несколько деревьев, а результат определяется путем голосования. Так как обучение на одном и том же множестве тренировочных примеров приведет к одинаковым или очень похожим деревьям, для каждого дерева случайным образом выбираются объекты из обучающей выборки. При этом некоторые могут быть выбраны несколько раз, а некоторые вовсе пропущены. В результате создается новое подмножество, на котором и обучается модель. На рисунке 4 представлена разработанная схема алгоритма случайного леса.

Рисунок 4 – Схема алгоритма случайного леса

Обучение случайного леса начинается также с загрузки обучающей выборки, представляющей собой матрицу чисел. Каждая строка содержит набор метрик и оптимальный конфигурационный профиль. Далее задается количество деревьев, которое будет сформировано в ансамбле.

Следующим этапом формируется заданное количество деревьев, для каждого из которых случайным образом выбирается подмножество примеров из исходного набора данных. На основе выборки происходит обучение дерева решений по алгоритму, описанному на рисунке 2.3. Для большей вариативности рассматривается не полный набор признаков, а $\sqrt{p}$, где p – количество метрик. После генерации всех деревьев, они объединяются в ансамбль – случайный лес.

Для классификации входящего запроса извлеченные метрики прогоняются через все деревья. Каждое дерево независимо выбирает один из пяти конфигурационных профилей. Затем для каждого профиля подсчитывается число деревьев, относящих объект к данному классу по формуле (2).

$$G_c(x) = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} f_c^t\,(x), \qquad (2)$$

где G_c – число деревьев, относящих объект к данному классу;

T – количество деревьев в случайном лесу;

t – индекс дерева в ансамбле;

f_c^t – результат голосования дерева t за профиль c (принимает значение 1, если дерево выбрало данный профиль, 0 – иначе).

По формуле (3) можно получить класс, выбранный алгоритмом [28].

$$a(x) = arg\max_{c\in C} G_c(x)\,, \qquad (3)$$

где $a(x)$ – конфигурационный профиль, выбранный алгоритмом.

Итоговый результат формируется на основе голосования – возвращается профиль, который был выбран большинством деревьев. Таким образом, описанная модель формализует задачу выбора конфигурационного профиля для входящего запроса на основе статистических метрик. При этом качество классификации напрямую зависит от качества и репрезентативности данных, используемых при ее обучении.

Заключение

Спроектированный адаптивный оптимизатор запросов для повышения энергоэффективности выполнения запросов в СУБД создает методологическую основу для реализации программного инструмента по оптимизации запросов обработки данных. Использование алгоритма прогнозирования конфигурационного профиля на базе ансамбля деревьев решений – случайного леса позволяет адаптировать систему под различные сценарии обработки данных. «Гибкость» модели позволяет определять сложность и тип нагрузки запроса.

Литература

1 Что такое база данных? / Oracle, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://www.oracle.com/cis/database/what-is-database (Дата обращения: 05.03.2026).

2 Новиков Б.А. Основы технологий баз данных / Б.А. Новиков, Е.А. Горшкова, Н.Г. Графеева. – Издание, ДМК Пресс, 2020. – 583 с.

3 Что такое структурированный язык запросов (SQL)? / AWS [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://aws.amazon.com/ru/what-is/sql/ (Дата обращения 07.04.2026).

4 SQL Tuinung Guide / Oracle, 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/tgsql/generating-and-displaying-execution-plans.html (Дата обращения: 10.04.2026).

5 Query Processing in SQL / GeeksforGeeks, 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://www.geeksforgeeks.org/sql/sql-query-processing/ (Дата обращения: 11.04.2026).

6 EXPLAIN / Документация к Postgres Pro Standard [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://postgrespro.ru/docs/postgrespro/current/sql-explain (Дата обращения: 12.04.2026).

7 Справочник по оператору логического и физического шоуплана / Microsoft, 2026 [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/showplan-logical-and-physical-operators-reference?view=sql-server-ver17 (Дата обращения: 14.04.2026).

8 Cost-Based Optimizer [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://www.phoenixdata.ai/glossary/cost-based-optimizer (Дата обращения: 16.04.2026).

9 Платонов, А.В. Машинное обучение: учебное пособие для вузов [Текст] / А.В. Платонов. // Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 85 с.

10 Кафтанников, И.Л. Особенности применения деревьев решений в задачах классификации [Текст] / И.Л. Кафтанников, А.В. Парасич // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника» – 2015. – С. 26-32.

Optimization of dbms queries based on machine learning method

Klimov S.E., Klimov Il.S.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, National Research Technological University "MISIS"

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article discusses current issues of optimizing the processing of data requests that are used in information processing and storage centers of large IT companies. The scale and volume of information processed is rapidly increasing, which requires the use of new non-standard forms and neural network models. The approaches used, which underlie machine learning methods, allow you to create models that are trained on the history of query execution and their plans to achieve the minimum values of the accepted optimization criteria. This reduces the burden on computing, which ultimately leads to energy savings spent on working with data. The random forest algorithm was chosen as the multiclass classification model of the adaptive query optimizer, which is determined by the specifics of the problem being solved. The feature space is defined as the metrics of an incoming SQL query extracted based on parsing and semantic analysis. The target function is an adaptive energy consumption estimation function, the data set is empirically obtained based on the TPC-H benchmark.

Keywords: DBMS, database, machine learning, random forest algorithm, information system, data query optimizer, SQL query.

References

1. What is a database? / Oracle, 2020 [Electronic resource]. – URL access mode: https://www.oracle.com/cis/database/what-is-database (Date of access: 03/05/2026).
2. Novikov B.A. Fundamentals of database technologies / B.A. Novikov, E.A. Gorshkova, N.G. Grafeeva. – Edition, DMK Press, 2020. – 583 p.

3. What is Structured Query Language (SQL)? / AWS [Electronic resource]. – URL access mode: https://aws.amazon.com/ru/what-is/sql / (Accessed 04/07/2026).
4. SQL Tuinung Guide / Oracle, 2025 [Electronic resource]. – URL access mode: https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/tgsql/generating-and-displaying-execution-plans.html (Accessed: 04/10/2026).
5. Query Processing in SQL / GeeksforGeeks, 2025 [Electronic resource]. – URL access mode: https://www.geeksforgeeks.org/sql/sql-query-processing / (Date of access: 04/11/2026).
6. EXPLAIN / Documentation for Postgres Pro Standard [Electronic resource]. – URL access mode: https://postgrespro.ru/docs/postgrespro/current/sql-explain (Date of request: 04/12/2026).
7. Handbook of the logical and Physical Showplan operator / Microsoft, 2026 [Electronic resource]. – URL access mode: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/showplan-logical-and-physical-operators-reference?view=sql-server-ver17 (Accessed: 04/14/2026).
8. Cost-Based Optimizer [Electronic resource]. – URL access mode: https://www.phoenixdata.ai/glossary/cost-based-optimizer (Date of access: 04/16/2026).
9. Platonov, A.V. Machine learning: a textbook for universities [Text] / A.V. Platonov. // Moscow: Yurait Publishing House, 2022. – 85 p.
10. Kaftannikov, I.L. Features of the application of decision trees in classification problems [Text] / I.L. Kaftannikov, A.V. Parasich // Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics" – 2015. – pp. 26-32.

Методы оптимизации запросов для повышения эффективности СУБД

Мокрова Наталия Владиславовна
д.т.н., профессор, кафедра инфокоммуникационных технологий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», welcome@misis.ru,

Климов Илья Сергеевич
магистрант, Институт информационных технологий и компьютерных наук, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», welcome@misis.ru

Статья посвящена решению задачи повышения эффективности систем управления базой данных (СУБД). В условиях экспоненциального роста энергопотребления на обработку больших массивов данных резко возрастают затраты. Традиционные стоимостные модели СУБД перестают удовлетворять современным требованиям экономичности. Предлагаемый оптимизатор, используя в качестве основного критерия минимальные энергозатраты, спроектирован как надстройка над СУБД, которая анализирует входящий SQL-запрос и возвращает оптимальную конфигурацию выполнения для обеспечения минимального энергопотребления с учетом ограничений по времени. Основная цель – условная минимизация, позволяющая подбирать конфигурацию выполнения запроса с минимальным энергопотреблением при соблюдении допустимого ограничения на время выполнения. Представленная математическая модель обеспечивает баланс между производительностью и энергоэффективностью. Спроектирована модульная архитектура адаптивного оптимизатора запросов, работающего как надстройка над ядром СУБД. Реализован трехэтапный процесс обработки запроса: извлечение метрик на основе абстрактного дерева, классификация конфигурационного профиля и генерация SQL-инструкций для применения оптимальных настроек в рамках текущего запроса.

Ключевые слова: системы управления данными, база данных, центр обработки данных, искусственный интеллект, информационная система, оптимизатор, SQL-запрос.

Введение

Современные информационные системы невозможно представить без специализированных технологий, которые обеспечивают эффективное управление, обработку и хранение цифровых данных. Актуальность управления массивами данных связана со взрывным ростом объемов информации, которая используется в цифровом пространстве. Большую роль при этом играет активное развитие искусственного интеллекта (ИИ).

Каждый день в мире генерируется и обрабатывается огромное количество данных. Согласно исследованиям [1], в 2020 это значение составило 64,2 зеттабайта (1 ЗБ = 10^{21}Б), в 2025 – 182 ЗБ, а уже в 2028 оно возрастет до 394 ЗБ. На рисунке 1 представлена статистика роста объемов обработки данных в течении времени. При этом рост информационных ресурсов растет в геометрической прогрессии. Такая тенденция заставляет задуматься о целесообразности разработки и внедрения более эффективных средств обработки данных.

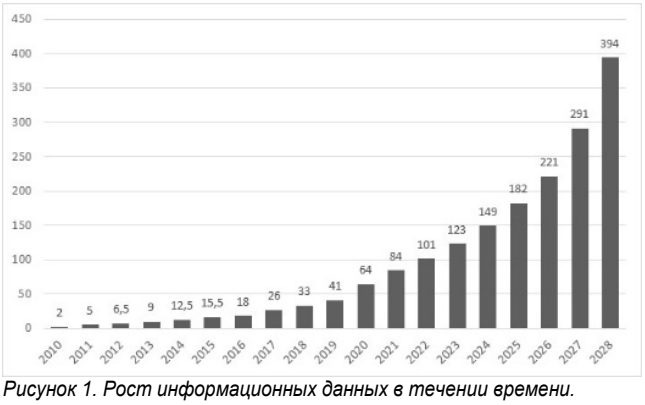


Рисунок 1. Рост информационных данных в течении времени.

Энергозатраты на обработку и хранение данных — это критически важный аспект современной цифровой инфраструктуры, который продолжает расти из-за увеличения объемов данных и развития ИИ. Центры обработки данных (ЦОД) являются основными потребителями электроэнергии в этой сфере, требуя питания не только для серверов, но и для систем охлаждения.

Необходимо также отметить и экологический аспект данной проблемы: увеличение потребности в электроэнергии влечет к негативным последствиям для природной среды и сокращение углеродного следа является важнейшей задачей в IT-инфраструктуре.

Таким образом, задачи повышения энергоэффективности работы систем баз данных становится весьма актуальной и отражается в различных исследованиях [2]. В частности, в обзорных работах отмечается, что компромисс между энергопотреблением и производительностью является детально изученной областью для различных типов рабочих нагрузок. В ходе исследований предложены специализированные методы оптимизации запросов. Однако в большинстве существующих оптимизационных алгоритмов основным критерием эффективности остаются традиционные метрики производительности (время отклика, пропускная способность), тогда как энергетические характеристики либо игнорируются, либо учитываются косвенно. Это приводит к тому, что оптимизация по времени не гарантирует снижения энергозатрат, а в некоторых случаях даже увеличивает их за счёт роста пиковой мощности. В связи с этим, следует продолжать формировать новые подходы и осуществлять поиск алгоритмов, позволяющих оптимизировать потребление энергии СУБД, так как все операции при работе с данными так или иначе проходят именно через них.

Обсуждение

Для структурированного хранения данных, целостности и надежности используются базы данных. База данных – это упорядоченный набор структурированной информации или данных [3]. Взаимодействие с данными обеспечивают СУБД – программный комплекс, обеспечивающий централизованное хранение данных и предоставляющий приложениям услуги по их обработке [4]. Они позволяют эффективно хранить данные, управлять ими, выполнять операции создания, поиска, удаления и изменения.

Исследования баз данных за последние 40 лет оказали большое влияние на IT индустрию, что кардинально изменило способы работы многих организаций. На современном этапе базы данных являются важнейшим компонентом в любой информационной системе [3], а СУБД обеспечивает взаимодействие между пользователями и данными [5]. На рисунке 2 представлена схема такого взаимодействия. С данными взаимодействуют два типа пользователей: конечные потребители через приложение и разработчики при его создании. Запрос к базе данных осуществляется через СУБД, которая позволяет выполнять как минимум четыре операции: создание, чтение, обновление и удаление (англ. Create, Read Update Delete, CRUD). Этот набор покрывает основные потребности для работы с данными.

Рисунок 2. Схема взаимодействия пользователей с данными.

В современных СУБД выбор того или иного алгоритма происходит на основе стоимости операций. При этом, план выполнения запроса – это последовательность операций, которые база данных выполняет для запуска запроса, то есть это и есть способ, используемый СУБД для выполнения вычислений [6]. Оптимизатор стремится минимизировать время выполнения за счет рационального потребления ресурсов. При этом энергетические характеристики не включаются в явном виде. Однако энергопотребление является критически важным показателем функционирования системы.

Энергоэффективность показывает, сколько операций выполняется на единицу энергии. То есть для ее повышения либо увеличивают пропускную способность при сохранении постоянного уровня мощности, либо снижают энергопотребление за счет поддержания пропускной способности на определенном уровне [7].

Затраченную энергию на выполнение процесса за рассматриваемый интервал времени можно вычислить по формуле (1).

$$E = P \times t, \quad (1)$$

где E – количество энергии, которое было потрачено системой (Дж);

P – средняя потребляемая мощность вычислительной системой (Вт);

t – количество времени, в течение которого выполнялся процесс (с).

Для бытового понимания и удобства расчетов энергию часто выражают в кВт·ч, то потребление мощности в 1 кВт в течение 1 часа.

Потребляемая мощность может быть измерена либо с помощью специальных аппаратных инструментов, например, внешним измерителем мощности, либо встроенным программным обеспечением для мониторинга системы [8].

Энергоэффективность можно определить, как отношение выполненной работы к затраченной энергии – формула (2). По мере увеличения количества операций потребление энергии растет, что делает эффективность критически важной [9]. В контексте СУБД в качестве меры выполненной работы может использоваться количество завершенных запросов или транзакций [10].

$$EE = \frac{FW}{E} = \frac{FW}{P \times t} = \frac{Th}{P}, \quad (2)$$

где EE – энергоэффекивность вычислительной системы (операции / Дж);

FW $(Finished\ Work)$ – объем выполненной работы за интервал времени (количество операций);

Th $(Throughput)$ – пропускная способность системы (операции / с)

Традиционные оптимизаторы СУБД не рассматривают энергопотребление как самостоятельный критерий оптимальности [11]. Однако минимизация времени не гарантирует минимизацию энергопотребления. Причина заключается в физической связи между переменными: по формуле (1) энергия определяется произведением мощности на время, поэтому сокращение длительности выполнения может сопровождаться ростом средней потребляемой мощности. По формуле (2) видно, что повышению энергоэффективности способствует понижение мощности при сохранении пропускной способности. Затраты на выполнение запроса с одним и тем же планом, могут отличаться в зависимости от конфигурации сервера, настройки параметров СУБД. Также выбор того или иного плана может приводить к перераспределению между процессором, памятью и дисковой подсистемой, что может повлечь всплеск нагрузки на компонент системы. В результате суммарные энергетические затраты могут как снижаться, так и возрастать, тогда как стоимостная модель оптимизатора не обеспечивает прямой связи между временем выполнения и потребляемой энергией. При этом проблема рационального потребления энергии СУБД включает в себя не только аппаратную часть, но и алгоритмическую, связанную с механизмом обработки запросов.

Таким образом, возникает необходимость рассмотрения энергопотребления как самостоятельного критерия при выборе способа выполнения запросов, что требует разработки методов, учитывающих энергетические характеристики.

Результаты

Для эффективного выполнения запросов наиболее оптимальным направлением является воздействие на оптимизатор СУБД. У оптимизатора есть выбор, какой способ чтения данных выбрать, как соединять таблицу, какую степень параллелизма и количество оперативной памяти использовать. Современные СУБД предоставляют механизмы настройки данных параметров, тем самым формировать конфигурацию выполнения запроса до его запуска.

Оптимизатор спроектирован как надстройка над СУБД, которая анализирует входящий SQL-запрос и возвращает оптимальную конфигурацию выполнения для обеспечения минимального энергопотребления с учетом ограничений по времени. На рисунке 3 представлена схема процесса.

Рисунок 3. Диаграмма процесса оптимизации запросов в нотации IDEF0

Оптимизация запросов разбивается на три этапа, каждый из которых представляет собой отдельный модуль:

1. Извлечение метрик из запроса. Первом шагом необходимо провести синтаксический разбор и семантический анализ. Для этого запрос разбивается на лексемы – ключевые слова (например, SELECT, JOIN), идентификаторы (названия таблиц, схем, столбцов), литералы (строки, числа) и операторы. Система анализируетс структуру и извлекает необходимые метрики. Затем на основе текущей статистики извлекается информация о таблицах. Результирующий набор значений передается на следующий этап в качестве входных параметров модели.
2. Определение наиболее эффективного конфигурационного профиля. На основе извлеченного вектора признаков подбирается конфигурация с использованием заранее обученной модели. Подбирается такой способ чтения таблиц, их соединения, степень параллелизма, количество оперативной памяти, что при совокупном применении этих правил энергопотребление будет минимальным. Модель возвращает метку профиля.
3. Формирование SQL-запроса с конфигурацией. Выбранный конфигурационный профиль транслируется в набор инструкций, совместимых с целевой СУБД, которые могут быть в виду запросов, вспомогательного комментария и т.д. Сформированный блок возвращается клиентскому приложению, который сможет их вызвать непосредственно в СУБД.

Представленная схема процесса обеспечивает модульность, идемпотентность и детерминированность времени работы. Система разбита на логически независимые компоненты, что обеспечивает удобство разработки и отладки.

Заключение

Существующие методы и подходы к оптимизации СУБД не учитывают энергопотребление как самостоятельный критерий, что обосновало разработку оптимизатора обработки запросов обработки данных, как надстройки над СУБД. Предложенный метод оптимизации анализирует

входящий SQL-запрос и возвращает оптимальную конфигурацию выполнения для обеспечения минимального энергопотребления с учетом ограничений по времени. Развитие данного метода предполагает применение алгоритма машинного обучения для многоклассовой классификации, формирования пространства признаков и определения механизма прогнозирования конфигурационного профиля.

Литература

1. Current Estimates And Future Predictions For Global Data Usage And Global Data Storage. [Электронный ресурс]. Режим доступа:// https://www.studionetworksolutions.com/how-much-data-is-used-and-stored-in-the-world/: (дата обращения: 30.04.2026).
2. Hayamizu, Yuto. Proactive Energy Management in Database Systems [Текст] / Yuto Hayamizu, Masaru Kitsuregawa, Kazuo Goda – 2024. – 6 с.
3. Что такое база данных? / Oracle, 2020. – Режим доступа URL: https://www.oracle.com/cis/database/what-is-database (дата обращения: 05.03.2026).
4. Новиков Б.А. Основы технологий баз данных / Б.А. Новиков, Е.А. Горшкова, Н.Г. Графеева. – Издание, ДМК Пресс, 2020. – 583 с.
5. Eslami M. Query Batching Optimization in Database Systems / M. Eslami, V. Mahmoodian, I. Dayarian, H. Charkhgard, Y. Tu. – 2020. – 32 с.
6. SQL Tuinung Guide / Oracle, 2025. Режим доступа URL: https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/tgsql/generating-and-displaying-execution-plans.html (дата обращения: 25.03.2026).
7. Ajaz Shaik, Ervina Cergani. Towards Energy Efficient Query Processing in Database Management System [Электронный ресурс]. Режим доступа://https://resources.mpiinf.mpg.de/d5/teaching/ss11/eedb/reports/AjazShaik.pdf (дата обращения: 28.03.2026).
8. What is power consumption in computing? / Assured systems [Электронный ресурс]. – https://www.assured-systems.com/faq/what-is-power-consumption-in-computing/(Дата обращения: 06.04.2026)
9. What is energy-efficient computing? / Lenovo [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: https://www.lenovo.com/us/en/glossary/energy-efficient-computing/?srsltid=AfmBOooPFPDsUiNtRt1tqO7xjFCySZJCuQlW2oP7kPNDNFmUj5_cQBe2 (Дата обращения: 07.04.2026)
10. Документоориентированные БД / SQL Academy, 2024. Режим доступа URL: https://sql-academy.org/ru/guide/document-oriented-databases (дата обращения: 25.03.2026).
11. Binglei Guo, Jiong Yu, Dexian Yang, Hongyong Leng, Bin Liao. Energy-efficient database systems: A systematic survey. ACM Comput. Surv. 1, (January 2022), 37 p.

Query optimization methods to increase dbms efficiency

Mokrova N.V., Klimov Il.S.
National Research Technological University "MISIS"

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article addresses the problem of improving the efficiency of database management systems (DBMS). With exponential growth in energy consumption for processing large data sets, costs are skyrocketing. Traditional DBMS cost models no longer meet modern efficiency requirements. The proposed optimizer, using minimal energy consumption as the primary criterion, is designed as a DBMS add-on. It analyzes an incoming SQL query and returns the optimal execution configuration to ensure minimal energy consumption, taking into account time constraints. The primary goal is conditional minimization, which enables selecting a query execution configuration with minimal energy consumption while adhering to an acceptable execution time constraint. The presented mathematical model ensures a balance between performance and energy efficiency. A modular architecture of an adaptive query optimizer operating as an add-on to the DBMS kernel is designed. A three-stage query processing process is implemented: extracting metrics based on an abstract tree, classifying the configuration profile, and generating SQL instructions to apply optimal settings to the current query.

Keywords: Data management systems, database, data processing center, artificial intelligence, information system, optimizer, SQL query.

References

1. Current Estimates And Future Predictions For Global Data Usage And Global Data Storage. [Electronic resource]. Access mode: https://www.studionetworksolutions.com/how-much-data-is-used-and-stored-in-the-world/: (date of access: 30.04.2026).
2. Hayamizu, Yuto. Proactive Energy Management in Database Systems [Text] / Yuto Hayamizu, Masaru Kitsuregawa, Kazuo Goda – 2024. – 6 p.
3. What is a Database? / Oracle, 2020. – Access mode: URL: https://www.oracle.com/cis/database/what-is-database (date of access: 05.03.2026).
4. Novikov, B.A. Fundamentals of Database Technologies / B.A. Novikov, E.A. Gorshkova, N.G. Grafeeva. – Edition, DMK Press, 2020. – 583 p.
5. Eslami M. Query Batching Optimization in Database Systems / M. Eslami, V. Mahmoodian, I. Dayarian, H. Charkhgard, Y. Tu. – 2020. – 32 p.
6. SQL Tuinung Guide / Oracle, 2025. Access mode URL: https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/tgsql/generating-and-displaying-execution-plans.html (date accessed: 03/25/2026).
7. Ajaz Shaik, Ervina Cergani. Towards Energy Efficient Query Processing in Database Management System [Electronic resource]. Access mode: https://resources.mpiinf.mpg.de/d5/teaching/ss11/eedb/reports/AjazShaik.pdf (Accessed: March 28, 2026).
8. What is power consumption in computing? / Assured systems [Electronic resource]. – https://www.assured-systems.com/faq/what-is-power-consumption-in-computing/ (Accessed: April 6, 2026)
9. What is energy-efficient computing? / Lenovo [Electronic resource]. – URL: https://www.lenovo.com/us/en/glossary/energy-efficient-computing/?srsltid=AfmBOooPFPDsUiNtRt1tqO7xjFCySZJCuQlW2oP7kPNDNFmUj5_cQBe2 (Accessed: 07.04.2026)
10. Document-Oriented DBs / SQL Academy, 2024. URL: https://sql-academy.org/ru/guide/document-oriented-databases (Accessed: 25.03.2026).
11. Binglei Guo, Jiong Yu, Dexian Yang, Hongyong Leng, Bin Liao. Energy-efficient database systems: A systematic survey. ACM Comput. Surv. 1, (January 2022), 37 p.

Программные эвристики для контроля LLM-агента в задаче патентного поиска: от плана поиска к итоговому отчету

Полулях Вадим Валерьевич
Институт компьютерных наук, кафедра инфокоммуникационных технологий, НИТУ МИСИС, bavadim@gmail.com,

Стучилин Владимир Валерьевич
к.т.н., доцент, Институт компьютерных наук, кафедра инфокоммуникационных технологий, НИТУ МИСИС, stuchilin.vv@misis.ru

При разработке нового инженерного решения важным этапом является обзор существующих работ, описывающих аналоги. В статье описан LLM-агент для подготовки литературного обзора по технической теме, прежде всего по патентным источникам. В отличие от юридически ориентированных систем, агент не оценивает новизну, изобретательский уровень или нарушение прав. Его задача — найти технические идеи в патентной базе по заданной теме, связать их со свойствами технологии и подготовить литературный обзор существующих решений. Такой обзор может служить основой для дальнейшей проработки темы.

Метод основан на рекурсивной языковой модели (RLM) с внешним программным состоянием. Ключевые промежуточные объекты — свойства технологии, план поиска, журнал действий, документы и матрица подтверждений — хранятся вне контекста модели и проверяются программными эвристиками. Для генерации структурированных артефактов используется контролируемая генерация: модель сэмплирует полные кандидаты, а внешний предикат принимает только те, которые проходят синтаксическую проверку и правила качества. Для уменьшения повторов применяется ленивое Гумбель-Топ-k сэмплирование без возвращения.

Результатом стала реализация прототипа и открытого слоя структурированной генерации rack-llm. Прототип пилотируется в задачах R&D-подразделений химической промышленности; по предварительным эксплуатационным данным, время подготовки обзора по базе patents.google.ru сократилось с порядка одного месяца до двух суток. Научная новизна состоит в объединении артефактного контроля агентного цикла, программных эвристик и ленивого Гумбель-Топ-k сэмплирования без возвращения для генерации проверяемых структурированных артефактов.

Ключевые слова: LLM-агент, инженерный обзор, патентные источники, программные эвристики, рекурсивные языковые модели, матрица подтверждений, контролируемая генерация, Гумбель-Топ-k, сэмплирование без возвращения, rack-llm.

Введение

Инженерный обзор по патентным источникам нужен на ранней стадии разработки, когда специалисту необходимо быстро понять предметную область, терминологию, близкие технические решения и ограничения внедрения. Практика патентного поиска требует сначала сформулировать ключевые слова и синонимы, а затем уточнять поиск по классификациям и найденным документам [1]. В российской нормативной рамке патентные исследования оформляются как последовательность задания, регламента, поиска и анализа найденной информации [2]. В настоящей работе эта логика используется в инженерной, а не юридической постановке: единицами сравнения служат свойства технологии, а не пункты патентной формулы.

LLM-агент удобен для этой задачи, поскольку совмещает генерацию текста, работу с инструментами и пошаговое принятие решений. ReAct задает цикл, в котором модель чередует рассуждения и действия во внешней среде [3]. Toolformer показывает, что языковая модель может обращаться к внешним API как к инструментам в ходе генерации [4]. WebGPT демонстрирует веб-навигацию с ответами, привязанными к найденным источникам [5]. Эти схемы полезны для поиска и работы с инструментами, но сами по себе не задают предметные критерии приемки промежуточных результатов. Под RLM-подходом в данной работе понимается схема Recursive Language Models, в которой языковая модель использует внешнюю программируемую среду и рекурсивные подзапросы для работы с длинным контекстом [6].

Свободный агентный цикл плохо контролирует полноту инженерного поиска: модель может пропустить важное свойство, завершить работу раньше времени или сделать вывод без фрагмента документа. В предыдущей работе авторов программные эвристики использовались для управления LLM без дообучения модели [7]. Схема Dawid–Skene позволяет оценивать скрытое качество объекта по ответам нескольких шумных наблюдателей [8]. Здесь эта идея переносится с уровня токенов на уровень артефактов агентного цикла: если план поиска или матрица подтверждений не проходят проверку, агент получает диагностическое сообщение и повторяет шаг.

Декодировочная часть метода опирается на Gumbel-Top-k trick for sampling sequences without replacement [9]. В русскоязычном изложении ниже этот механизм называется ленивым Гумбель-Топ-k сэмплированием без возвращения, поскольку кандидатные артефакты извлекаются по одному и проверяются внешним предикатом только после завершения полной последовательности.

Вклад статьи состоит в следующем:

1. предложена архитектура LLM-агента для инженерного обзора по патентным источникам с внешним состоянием и рекурсивным анализом документов;
2. введены проверяемые артефакты поиска: свойства технологии, план, журнал, документы и матрица подтверждений;
3. описана приемка плана и матрицы программными эвристиками;
4. контролируемая генерация артефактов сформулирована как сэмплирование полных кандидатов без возвращения с последующей проверкой полного предиката;
5. реализован прототип и открытая библиотека rack-llm; приведены предварительные результаты пилотного применения.

Метод

Общая схема агента

На вход подается тема исследования T. Агент строит отчет R через последовательность проверяемых артефактов: свойства технологии S, план поиска P, документы D, журнал действий N и матрицу подтверждений M. Состояние агента на шаге t задается как

$$x_t = \langle T, S, P_t, D_t, M_t, N_t, B_t \rangle,$$

где B_t — остаток бюджета поиска.

RLM-архитектура используется для разделения языкового рассуждения и состояния. Корневая модель принимает решения, но документы, журнал, матрица и функции проверки хранятся во внешней программной среде. Длинные документы анализируются фрагментами через рекурсивные подзапросы llm_query, после чего результаты возвращаются в общее состояние агента [6]. Контролируемая генерация применяется только в тех шагах, где нужен структурированный артефакт: план поиска или матрица подтверждений.

Роль компонентов в предлагаемом агенте

Компонент	Роль
Внешнее состояние	Хранит документы, журнал, матрицу и функции проверки вне контекста модели.
llm_query	Анализирует длинные документы фрагментами.
Программные эвристики	Принимают или отклоняют план и матрицу.
rack-llm	Задает структурированную форму генерации и восстанавливает результат как программный объект.
Ленивое Гумбель-Топ-k сэмплирование без возвращения	Формирует поток полных кандидатов без повторов, когда предикат приемки доступен только после завершения артефакта.

Артефакты поиска

Свойства технологии. Свойство технологии — технически значимая характеристика темы, по которой можно сравнивать документы. В отличие от пунктов патентной формулы, свойства не задают объем правовой охраны; они нужны для инженерного сопоставления решений. Свойство записывается как

$$s_i = \langle \mathrm{id}_i, \mathrm{name}_i, \mathrm{type}_i, \mathrm{priority}_i, \mathrm{terms}_i, \mathrm{rationale}_i \rangle,$$

где terms содержит поисковые термины и синонимы, а priority $\in \{3,2,1\}$ задает важность свойства.

План поиска. План фиксирует стратегию до исполнения и связывает поисковые действия со свойствами технологии:

$$P = \langle S, \mathcal{L}, \beta, \Omega \rangle,$$

где $\mathcal{L}=\{b_1,\ldots,b_m\}$ — ветви поиска, β — локальный бюджет, Ω — условия остановки. Ветвь *b_j* содержит тип, цель, целевые свойства, стартовые запросы, условия активации и остановки, приоритет и лимит шагов. Используются терминологические, документные и контекстные ветви.

Матрица подтверждений. Матрица является центральным аналитическим артефактом:

$$M = (S, D, C), \qquad c_{ij} = \langle r_{ij}, q_{ij}, l_{ij}, n_{ij} \rangle.$$

Здесь *r_ij* — статус связи свойства *s_i* и документа *d_j*; *q_ij* — подтверждающий фрагмент; *l_ij* — ссылка на источник; *n_ij* — комментарий модели. Статус принимает значения подтверждает, частично подтверждает, не подтверждает, данных недостаточно. Итоговый отчет строится только по принятой матрице и журналу, поэтому выводы отчета привязаны к найденным источникам.

Приемка артефактов

Для каждого контролируемого артефакта A задается набор эвристик

$$h_k(A) \to (v_k, m_k), \qquad v_k \in \{\texttt{accept}, \texttt{reject}, \texttt{abstain}\},$$

где *m_k* — диагностическое сообщение. Правила делятся на обязательные *H^hard* и мягкие *H^soft*. Артефакт принимается, если ни одно обязательное правило не вернуло reject, а сумма мягких правил достигает порога:

$$\mathrm{Score}(A) = \sum_{h_k \in H^{\mathrm{soft}}} \alpha_k \sigma(v_k) \geq \tau_A, \qquad \sigma(\texttt{accept}) = 1,\ \sigma(\texttt{reject}) = -1,\ \sigma(\texttt{abstain}) = 0.$$

В базовой конфигурации *α_k=1*. При наличии архива запусков веса могут быть откалиброваны по Dawid–Skene/EM-схеме, где эвристики рассматриваются как шумные наблюдатели скрытого качества артефакта [8]. В этой статье такая калибровка используется как возможное расширение предыдущей схемы программных эвристик авторов [7].

Если артефакт отклонен, диагностические сообщения возвращаются модели в промпте исправления. Переход к следующему этапу запрещен до приемки текущего артефакта.

Контролируемая генерация

Открытая библиотека rack-llm используется как слой структурированной генерации [10]. Взаимодействие с моделью задается программой: lit фиксирует статический текст, select задает выбор из альтернатив, gen задает свободную генерацию. После выполнения динамические узлы заменяются значениями, а результат восстанавливается как программный объект.

Для артефакта типа A вводится полный предикат приемки

$$V_A(y) = \mathbf{1}\{\mathrm{parse}_A(y) = 1 \ \wedge\ \mathrm{Validate}_A(y) = \texttt{accept}\}.$$

Он вычисляется только для завершенного кандидата. Поэтому задача отличается от синтаксически ограниченного декодирования, где допустимость часто проверяется на префиксе [11]. Она также отличается от FUDGE-подобных методов, которым требуется модель оценки атрибута по неполному тексту [12].

Чтобы не проверять один и тот же вариант повторно, используется ленивое Гумбель-Топ-k сэмплирование без возвращения (lazy Gumbel-Top-k sampling without replacement) [9]. В данной работе этот механизм рассматривается только как компонент функции

$$A = \mathrm{GenerateControlledArtifact}(\tau, C, H),$$

где τ — тип артефакта, C — контекст, H — правила приемки. Функция сэмплирует полные кандидаты без возвращения и возвращает первый, удовлетворяющий структурной проверке и эвристикам. Если сервер предоставляет только r наиболее вероятных логитов (top- r), сэмплирование выполняется относительно локально усеченного распределения; кандидаты, требующие токена вне top- r, недостижимы.

Правила контроля плана и матрицы

План поиска проверяется пятью правилами. P1 требует, чтобы каждая ветвь имела цель, целевые свойства, стартовый запрос, лимит и условия активации/остановки. P2 оценивает покрытие приоритетных свойств:

$$\mathrm{Cov}_P = \frac{1}{|S^*|} \sum_{s_i \in S^*} \mathbb{1}\left[\exists b_j \in \mathcal{L} : s_i \in \mathrm{target}_j\right],$$

где *S^** — свойства с приоритетом 2 или 3. P3 штрафует дублирование ветвей через среднее пересечение запросов

$$J_P = \frac{2}{m(m-1)} \sum_{p<q} \frac{|Q_p \cap Q_q|}{|Q_p \cup Q_q|}.$$

P4 требует баланса широких и уточняющих запросов. P5 проверяет, что безопасность, экологические требования, стандарты и ограничения внедрения покрыты отдельными ветвями, если такие свойства существенны для темы.

Правила приемки плана поиска

Правило	Тип	Критерий
P1	hard	Все обязательные поля ветвей заполнены.
P2	soft	Cov_P ≥ 0.8 — accept; Cov_P < 0.6 — reject.
P3	soft	Не менее двух типов ветвей и J_P < 0.7; при одном типе ветвей или J_P > 0.85 — reject.
P4	soft	Для приоритетных свойств есть широкие и уточняющие запросы.
P5	soft	Ограничения внедрения покрыты отдельной ветвью, если они есть в S*.

Матрица подтверждений проверяется по связи свойств с документами. Для вычислений используется функция

$$\rho(r_{ij}) = \begin{cases} 1, & r_{ij} = \texttt{подтверждает}, \\ 0.5, & r_{ij} = \texttt{частично подтверждает}, \\ 0, & r_{ij} \in \{\texttt{не подтверждает}, \texttt{данных недостаточно}\}. \end{cases}$$

Покрытие темы и полезность документа задаются как

$$\mathrm{Cov}_M = \frac{\sum_i w_i \max_j \rho(r_{ij})}{\sum_i w_i}, \qquad U(d_j) = \sum_i w_i \rho(r_{ij}),$$

где *w_i∈{3,2,1}* — вес свойства.

Правила приемки матрицы подтверждений

Правило	Тип	Критерий
M1	hard	Каждое подтверждение или частичное подтверждение имеет фрагмент и ссылку.
M2	soft	Каждое приоритетное свойство покрыто документом или явно отмечено как пробел поиска.
M3	hard	Документы с U(d_j)=0 удалены из матрицы.
M4	soft	Документ-кандидат для отчета имеет достаточную полезность и покрывает хотя бы одно свойство приоритета 3.

Основной цикл

После приемки плана контроллер выбирает активную ветвь с наибольшим приоритетом, формирует запросы, вызывает поиск, извлекает документы и обновляет журнал. В прототипе операции search(q) и extract(urls) выполняются через Tavily MCP [13]. Если документ длинный, он анализируется фрагментами через llm_query; затем корневая модель агрегирует результаты в матрицу.

Алгоритм 1. Основной цикл LLM-агента с контролем артефактов

```
1 Вход: тема T, бюджет B_max
2 Выход: итоговый отчет R
3 B ← B_max; D ← ∅; N ← ∅; M ← ∅
4 S ← GenerateProperties(T)
5 повторять
6 P ← GenerateControlledArtifact(SearchPlan, ⟨T,S,N⟩, H_P)
7 повторять
8 b ← SelectActiveBranch(P,M,N,B)
9 если b = ∅:
10 break
11 Q ← InstantiateQueries(b,S,M,N)
12 D_new ← SearchAndExtract(Q)
13 D ← D ∪ D_new
14 N ← UpdateLog(N,b,Q,D_new)
15 B ← B − cost(Q,D_new)
16 M ← GenerateControlledArtifact(EvidenceMatrix, ⟨S,D,M,N⟩,
H_M)
17 A ← AdmissibleActions(M,B)
18 a ← ChooseNextAction(P,M,N,B,A)
19 если a = REVISE_PLAN:
20 break
21 иначе если a = FINISH:
22 вернуть GenerateReport(T,S,P,M,N)
23 до B ≤ 0
24 до B ≤ 0
25 вернуть GenerateReport(T,S,P,M,N)
```

Множество допустимых действий ограничивается внешним контроллером: если покрытие матрицы ниже порога τ_{finish} и бюджет не исчерпан, действие FINISH запрещается. Поэтому модель выбирает следующий шаг, но не может завершить обзор при явно неполном покрытии темы.

Результаты

В работе реализован прототип LLM-агента для подготовки инженерных обзоров по патентным и открытым техническим источникам. Агент поддерживает полный цикл обработки темы: выделяет свойства технологии, строит и проверяет план поиска, выполняет поисковые запросы, накапливает найденные документы, формирует матрицу подтверждений и генерирует итоговый отчет в форматах Markdown и PDF. Состояние поиска хранится во внешней программной среде, а длинные документы анализируются через рекурсивные подзапросы.

Ключевым результатом реализации является переход от свободной генерации текста к генерации проверяемых артефактов. В прототипе такими артефактами являются план поиска и матрица подтверждений. Оба объекта проходят программную приемку: обязательные правила блокируют переход к следующему этапу при структурных ошибках, а мягкие правила оценивают покрытие свойств, различимость поисковых ветвей, наличие подтверждающих фрагментов и полезность документов. Открытая библиотека rack-llm используется как слой структурированной генерации, позволяющий получать объект, пригодный для последующей проверки внешними правилами [10].

Прототип проходит пилотную апробацию в задачах патентных исследований R&D-подразделений предприятий химической промышленности. В пилотном сценарии основной источник поиска — веб-база patents.google.ru; открытые технические источники используются как дополнительный контекст. Материалы предназначены для внутренней инженерной работы и не являются юридическим заключением о патентоспособности, новизне, изобретательском уровне или нарушении прав.

По предварительным данным пилотной эксплуатации, время подготовки инженерного обзора по основной патентной базе сократилось с порядка одного месяца до двух суток в сопоставимых рабочих сценариях. Этот показатель следует рассматривать как эксплуатационное наблюдение: формальное сравнение с ручным поиском и альтернативными агентными архитектурами еще не проводилось.

Полученный научно-технический результат состоит в совмещении трех элементов в одном агентном цикле: предметных артефактов патентного поиска, программной приемки этих артефактов и контролируемой генерации полных кандидатов без повторов. Это важно для данной задачи, поскольку содержательные условия приемки нельзя надежно проверить на префиксе генерируемой последовательности: покрытие свойств, качество плана и наличие подтверждающих фрагментов определяются только для завершенного объекта. Поэтому ленивое Гумбель-Топ-k сэмплирование без возвращения используется не как самостоятельный новый декодер, а как механизм поиска первого полного кандидата, удовлетворяющего программному предикату приемки.

Обсуждение

Полученные результаты показывают техническую осуществимость предложенного подхода: LLM-агент может выполнять инженерный обзор по патентным источникам не как свободную генерацию текста, а как последовательность построения и проверки промежуточных артефактов. Существенным является не сам факт использования LLM, а организация агентного цикла: план поиска и матрица подтверждений становятся объектами программной приемки, а итоговый отчет строится на основе уже проверенной исследовательской траектории.

Пилотная апробация подтверждает практическую применимость прототипа в задачах R&D-подразделений химической промышленности, однако полученные оценки пока имеют эксплуатационный характер. Сокращение времени подготовки обзора с порядка месяца до двух суток следует рассматривать как предварительное наблюдение, а не как статистически доказанное превосходство метода. Для строгой оценки необходимы сравнение с ручным поиском, с обычным LLM-агентом без внешней приемки артефактов и с альтернативными схемами генерации кандидатов.

Предложенный подход имеет принципиальные границы применимости. Система предназначена для инженерного обзора и не выполняет юридический анализ патентоспособности, новизны, изобретательского уровня, объема правовой охраны или нарушения прав. Кроме того, контролируемая генерация зависит от доступного интерфейса модели. Если сервер предоставляет только r наиболее вероятных логитов (top- r), сэмплирование кандидатов выполняется относительно усеченного распределения; валидный артефакт, требующий токена вне top- r, в таком режиме недостижим. Наконец, полный предикат приемки не позволяет заранее отсекать все неперспективные префиксы, поэтому при малой доле принимаемых артефактов число проверяемых кандидатов может оставаться большим.

Дальнейшая работа должна быть направлена не на усложнение промптов, а на формальную проверку и расширение внешнего контроля. В первую очередь требуется корпус задач для сравнения с ручным поиском и базовыми агентными схемами. Второе направление — калибровка весов эвристик на накопленных журналах запусков. Третье — отдельный контроль документного слоя, включая дубликаты, патентные семьи и вклад документа в покрытие свойств технологии. Эти расширения позволят перейти от пилотной эксплуатации к воспроизводимой экспериментальной оценке метода.

Заключение

В работе предложен LLM-агент для подготовки инженерного обзора по патентным источникам. Основная идея состоит в том, что управляемыми объектами агентного цикла становятся не отдельные токены и не свободный текст, а проверяемые артефакты: свойства технологии, план поиска, журнал действий и матрица подтверждений. Внешнее состояние, рекурсивный анализ документов и программные эвристики позволяют сделать ход поиска более прозрачным и воспроизводимым.

Реализованный прототип поддерживает полный цикл подготовки обзора: от выделения свойств технологии до формирования итогового отчета в форматах Markdown и PDF. Контролируемая генерация используется для получения структурированных артефактов, а ленивое Гумбель-Топ-k сэмплирование без возвращения рассматривается как механизм получения полных кандидатов в ситуации, когда предикат приемки доступен только для завершенного объекта.

Пилотная апробация в задачах химической промышленности показывает практическую применимость подхода и потенциал сокращения сроков подготовки инженерных обзоров. Вместе с тем результаты остаются предварительными: для подтверждения эффективности необходимы формальное сравнение с ручным процессом и альтернативными агентными архитектурами, а также накопление корпуса запусков для калибровки эвристик и анализа устойчивости метода.

Литература

1. United States Patent and Trademark Office. Multi-Step U.S. Patent Search Strategy. URL: https://www.uspto.gov/patents/search/patent-search-strategy. 2024. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

2. Росстандарт. ГОСТ Р 15.011–2024. Интеллектуальная собственность. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2024. URL: https://protect.gost.ru/gost/details/f7e13a23-6fe3-4c1f-81be-35bec8838bcd.

Приказ Росстандарта от 13.02.2024 № 208-ст; дата обращения: 21.05.2026.

3. Yao, Shunyu; Zhao, Jeffrey; Yu, Dian; Du, Nan; Shafran, Izhak; Narasimhan, Karthik R.; Cao, Yuan. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. International Conference on Learning Representations. 2023. URL: https://openreview.net/forum?id=WE_vluYUL-X. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

4. Schick, Timo; Dwivedi-Yu, Jane; Dessì, Roberto; Raileanu, Roberta; Lomeli, Maria; Hambro, Eric; Zettlemoyer, Luke; Cancedda, Nicola; Scialom, Thomas. Toolformer: Language Models Can Teach Themselves to Use Tools. Advances in Neural Information Processing Systems 36. 2023. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/hash/d842425e4bf79ba039352da0f658a906-Abstract-Conference.html. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

5. Nakano, Reiichiro; Hilton, Jacob; Balaji, Suchir; Wu, Jeff; Ouyang, Long; Kim, Christina; Hesse, Christopher; Jain, Shantanu; Kosaraju, Vineet; Saunders, William; Jiang, Xu; Cobbe, Karl; Eloundou, Tyna; Krueger, Gretchen; Button, Kevin; Knight, Matthew; Chess, Benjamin; Schulman, John. WebGPT: Browser-assisted Question-answering with Human Feedback. arXiv preprint arXiv:2112.09332. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2112.09332. URL: https://arxiv.org/abs/2112.09332. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

6. Zhang, Alex L.; Kraska, Tim; Khattab, Omar. Recursive Language Models. arXiv preprint arXiv:2512.24601. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2512.24601. URL: https://arxiv.org/abs/2512.24601. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

7. Полулях В. В.; Стучилин В. В. Управление LLM с помощью программных эвристик. Инновации и инвестиции. 2026. № 1. С. 336–338.

8. Dawid, A. P.; Skene, A. M. Maximum Likelihood Estimation of Observer Error-Rates Using the EM Algorithm. Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics. 1979. Vol. 28, no. 1. P. 20–28. DOI: 10.2307/2346806.

9. Kool, Wouter; van Hoof, Herke; Welling, Max. Stochastic Beams and Where to Find Them: The Gumbel-Top-k Trick for Sampling Sequences Without Replacement. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. PMLR, 2019. Vol. 97. P. 3499–3508. URL: https://proceedings.mlr.press/v97/kool19a.html. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

10. Polulyakh, Vadim. rack-llm: Racket Library for Structured LLM Interactions with Grammar-Constrained Generation. GitHub repository. 2026. Открытая библиотека; ссылка на репозиторий указывается после публикации кода.

11. Scholak, Torsten; Schucher, Nathan; Bahdanau, Dzmitry. PICARD: Parsing Incrementally for Constrained Auto-Regressive Decoding from Language Models. Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Association for Computational Linguistics, 2021. P. 9895–9901. DOI: 10.18653/v1/2021.emnlp-main.779. URL: https://aclanthology.org/2021.emnlp-main.779/. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

12. Yang, Kevin; Klein, Dan. FUDGE: Controlled Text Generation With Future Discriminators. Proceedings of NAACL-HLT 2021. Association for Computational Linguistics, 2021. P. 3511–3535. DOI: 10.18653/v1/2021.naacl-main.276. URL: https://aclanthology.org/2021.naacl-main.276/. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

13. Tavily. Tavily MCP Server. URL: https://docs.tavily.com/documentation/mcp. 2026. Электронный ресурс; дата обращения: 21.05.2026.

Software heuristics for controlling an LLM agent in a patent search: from search plan to final report

Polulyakh V.V., Stuchilin V.V.
NUST MISIS

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

When developing a new engineering solution, a key step is reviewing existing works describing similar solutions. This article describes an LLM agent for preparing a literature review on a technical topic, primarily patent sources. Unlike legally oriented systems, the agent does not evaluate novelty, inventive step, or infringement. Its task is to find technical ideas in the patent database on a given topic, relate them to technology properties, and prepare a literature review of existing solutions. This review can serve as the basis for further development of the topic.

The method is based on a recursive language model (RLM) with external program state. Key intermediate objects—technology properties, search plan, action log, documents, and the evidence matrix—are stored outside the model context and verified by programmatic heuristics. Supervised generation is used to generate structured artifacts: the model samples complete candidates, and the external predicate accepts only those that pass syntax checking and quality rules. Lazy Gumbel-Top-k sampling without replacement is used to reduce repetition. The result was the implementation of a prototype and open-source layer for the structured generation of rack-llm. The prototype is being piloted in R&D tasks for chemical industry departments; according to preliminary operational data, the review preparation time for the patents.google.ru database has been reduced from approximately one month to two days. The scientific novelty lies in the combination of agent-based artifact control, software heuristics, and lazy Gumbel-Top-k sampling without replacement to generate verifiable structured artifacts.

Keywords: LLM agent, engineering review, patent sources, software heuristics, recursive language models, confirmation matrix, supervised generation, Gumbel-Top-k, sampling without replacement, rack-llm.

References

1. United States Patent and Trademark Office. Multi-Step U.S. Patent Search Strategy. URL: https://www.uspto.gov/patents/search/patent-search-strategy. 2024. Electronic resource; accessed: 21.05.2026.

2. Rosstandart. GOST R 15.011–2024. Intellectual Property. Patent Research. Content and Procedure. Moscow: Federal State Budgetary Institution "Institute of Standardization", 2024. URL: https://protect.gost.ru/gost/details/f7e13a23-6fe3-4c1f-81be-35bec8838bcd. Order of Rosstandart dated 13.02.2024 No. 208-st; accessed: 21.05.2026.

3. Yao, Shunyu; Zhao, Jeffrey; Yu, Dian; Du, Nan; Shafran, Izhak; Narasimhan, Karthik R.; Cao, Yuan. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. International Conference on Learning Representations. 2023. URL: https://openreview.net/forum?id=WE_vluYUL-X. Electronic resource; access date: 05/21/2026.

4. Schick, Timo; Dwivedi-Yu, Jane; Dessi, Roberto; Raileanu, Roberta; Lomeli, Maria; Hambro, Eric; Zettlemoyer, Luke; Cancedda, Nicola; Scialom, Thomas. Toolformer: Language Models Can Teach Themselves to Use Tools. Advances in Neural Information Processing Systems 36. 2023. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/hash/d842425e4bf79ba039352da0f658a906-Abstract-Conference.html. Electronic resource; date of access: 21.05.2026.

5. Nakano, Reiichiro; Hilton, Jacob; Balaji, Suchir; Wu, Jeff; Ouyang, Long; Kim, Christina; Hesse, Christopher; Jain, Shantanu; Kosaraju, Vineet; Saunders, William; Jiang, Xu; Cobbe, Karl; Eloundou, Tyna; Krueger, Gretchen; Button, Kevin; Knight, Matthew; Chess, Benjamin; Schulman, John. WebGPT: Browser-assisted Question-answering with Human Feedback. arXiv preprint arXiv:2112.09332. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2112.09332. URL: https://arxiv.org/abs/2112.09332. Electronic resource; accessed: 21.05.2026.

6. Zhang, Alex L.; Kraska, Tim; Khattab, Omar. Recursive Language Models. arXiv preprint arXiv:2512.24601. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2512.24601. URL: https://arxiv.org/abs/2512.24601. Electronic resource; Accessed: 21 May 2026.

7. Polulyakh V. V.; Stuchilin V. V. LLM Control Using Software Heuristics. Innovations and Investments. 2026. No. 1. pp. 336–338.

8. Dawid A. P.; Skene A. M. Maximum Likelihood Estimation of Observer Error-Rates Using the EM Algorithm. Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics. 1979. Vol. 28, no. 1. pp. 20–28. DOI: 10.2307/2346806.

9. Kool Wouter; van Hoof Herke; Welling Max. Stochastic Beams and Where to Find Them: The Gumbel-Top-k Trick for Sampling Sequences Without Replacement. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. PMLR, 2019. Vol. 97, pp. 3499–3508. URL: https://proceedings.mlr.press/v97/kool19a.html. Electronic resource; accessed: 21.05.2026.

10. Polulyakh, Vadim. rack-llm: Racket Library for Structured LLM Interactions with Grammar-Constrained Generation. GitHub repository. 2026. Open source library; a link to the repository is provided after the code is published.

11. Scholak, Torsten; Schucher, Nathan; Bahdanau, Dzmitry. PICARD: Parsing Incrementally for Constrained Auto-Regressive Decoding from Language Models. Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Association for Computational Linguistics, 2021, pp. 9895–9901. DOI: 10.18653/v1/2021.emnlp-main.779. URL: https://aclanthology.org/2021.emnlp-main.779/. Electronic resource; access date: 05/21/2026.

12. Yang, Kevin; Klein, Dan. FUDGE: Controlled Text Generation With Future Discriminators. Proceedings of NAACL-HLT 2021. Association for Computational Linguistics, 2021, pp. 3511–3535. DOI: 10.18653/v1/2021.naacl-main.276. URL: https://aclanthology.org/2021.naacl-main.276/. Electronic resource; date of access: 21.05.2026.

13. Tavily. Tavily MCP Server. URL: https://docs.tavily.com/documentation/mcp. 2026. Electronic resource; date of access: 21.05.2026.

Аналитические оценки емкости пула плат для FPGA-FaaS с динамически генерируемыми оболочками

Степаниденко Дмитрий Сергеевич
магистрант, МИРЭА — Российский технологический университет, dimitrij.stepanidenko@gmail.com,

Штрекер Евгений Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники, МИРЭА — Российский технологический университет, Shtreker@mirea.ru

В FPGA-FaaS с динамически генерируемыми оболочками и полной загрузкой битстрима размещение функций подчинено правилу сохранения резерва свободных плат: каждой новой функции и каждой замене активной функции нужна свободная совместимая плата, и во время длительных переходных состояний программирования и проверки эта плата не возвращается в свободный пул. Цель работы — получить инструмент проектирования парка плат, который отвечает на два практических вопроса: какой наименьший размер пула обеспечивает заявленные обязательства по числу горячих функций, числу одновременных миграций и допуску временных потерь плат; какое наибольшее число функций можно безопасно держать развернутыми на фиксированном парке без нарушения резерва. Для решения этих задач правило сохранения резерва переписано через счетчики состояний пула, а искомые оценки выведены прямой подстановкой в инвариант резерва. Получены формула наименьшего размера пула, верхняя граница занятой емкости, выражения для допустимого числа новых горячих и холодных размещений в текущий момент, а также процедура расчета на уровне системы из нескольких пулов с непересекающейся и перекрывающейся совместимостью. Практическое применение оценок — проектирование размера парка отладочных плат с ПЛИС и ограничение допуска новых запросов на этапе планирования, без запуска планировщика и без длительных глобальных блокировок.

Ключевые слова: ПЛИС, FPGA-FaaS, динамическая оболочка, оценки емкости пула, планирование парка плат, резерв-ориентированное размещение, бессерверные вычисления.

Введение

В FPGA-FaaS пользовательская логика реализуется на HDL и работает внутри оболочки (shell) — инфраструктурного слоя, отвечающего за интерфейс к хосту, транспорт, разбор запроса, изоляцию и контроль выполнения. В рассматриваемой архитектуре оболочка генерируется динамически [1]: под конкретную функцию и целевую плату платформа собирает оболочку, синтезирует битстрим (bitstream) и загружает его на ПЛИС полностью. Подход согласуется с полностью свободным инструментальным стеком и не требует частичной реконфигурации (dynamic partial reconfiguration, DPR), но единицей размещения становится вся плата.

Свободные платы при этом образуют операционный ресурс, разделяемый между развертыванием новых функций, заменой активных функций и восстановлением после сбоев. Чтобы платформа могла обслуживать функции с гарантиями, часть свободных плат пула удерживается как защищенный резерв. Правило сохранения резерва, введенное в [1], требует, чтобы после каждого нового размещения число свободных плат в пуле не опускалось ниже заданного минимума, причем не только в конечном состоянии, но и во время длительных переходных этапов программирования и проверки.

При проектировании реального парка плат сразу возникают два практических вопроса:

1. Какой наименьший размер пула обеспечивает заявленные обязательства по числу горячих функций, числу холодных размещений, числу одновременных миграций горячих функций и допуску временных потерь плат.
2. Какое наибольшее число функций можно одновременно держать развернутыми на фиксированном парке при заданной политике резерва.

Размер парка ускорителей в бессерверных платформах традиционно оценивается через метрики реплик и автоматического масштабирования. PLUTO применяет частично наблюдаемый марковский процесс для управления репликами в FPGA-FaaS [2]; BlastFunction рассматривает реестр устройств и удаленный доступ с масштабированием реплик [3,4]; F3 и Funky встраивают ускорение в Kubernetes-стек и обеспечивают вытеснение, контрольные точки и оркестрацию [5,6]; SAF исследует динамический сетевой пул ПЛИС с горячим подключением устройств [7]. Эти работы опираются на частичную реконфигурацию и оперируют слотами или vFPGA, поэтому вопрос «сколько физических плат нужно при заданном числе одновременных миграций и допуске на потери» в них прямо не ставится: миграция в частичной реконфигурации не требует второй платы. Общая литература по бессерверным вычислениям рассматривает близкие задачи — динамическую конфигурацию функций [8], энергетический учет [9], неоднородность ресурсов в континууме облако—периферия [10], а также обзорные систематизации [11,12], — но не дает аналитических оценок размера парка плат с учетом резерва и переходных состояний.

Правило сохранения резерва дает ответ на масштабе одной транзакции; для планирования парка плат и для решений на длительных интервалах нужна агрегированная оценка по всем активным, переходным и недоступным платам. В данной работе такие оценки выведены прямой подстановкой в правило сохранения резерва. Они применяются на уровне отдельного пула и не зависят от конкретной реализации хранилища состояния; локальная эвристика выбора платы, на которой эти оценки реализуются на практике, рассматривается отдельно.

Материалы и методы исследований

Пул плат и счетчики состояний

Единицей учета в данной работе является пул — группа плат, однородных по семейству ПЛИС, версии оболочки, транспорту и политике обслуживания; каждая плата входит ровно в один пул. Состояние пула описывается набором счетчиков по состояниям плат (free_count, reserved_count, programming_count, validating_count, active_count, draining_count) и параметром min_free_reserve, задающим защищенный резерв свободных плат. Платы, релевантные размещению, проходят через состояния free → reserved → programming → validating → ready → active. Кандидатом для нового размещения является только free; остальные состояния, включая переходные, уменьшают доступный резерв, хотя функция в них еще может не обслуживать трафик. Состояния draining, unknown, failed и maintenance относятся к жизненному циклу

развертывания и в оценках емкости учитываются как часть недоступных плат.

Правило сохранения резерва

Платформа различает два класса обслуживания. Горячий класс гарантирует немедленную замену и восстановление, поэтому пул держит про запас R свободных плат. Холодный класс допускает ожидание свободного ресурса или отказ. При каждом холодном размещении в пуле, защищающем горячий резерв, проверяется неравенство "pool.free_count - 1 >= pool.min_free_reserve".

Вычитание единицы учитывает плату, которая немедленно перестанет быть свободной. Горячему запросу этот фильтр не предъявляется: горячий класс вправе занять последнюю плату защищенного пула. Полное обоснование правила приведено в [1]; здесь воспроизводится минимум, необходимый для оценок емкости.

Обозначения и метод вывода

Оценки выводятся прямой подстановкой счетчиков пула в правило сохранения резерва. Обозначения сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Обозначения для оценок емкости пула

Символ	Значение
N	общее число плат пула
h	число плат, обслуживающих горячие функции
c	число плат, обслуживающих холодные функции
t	число плат в переходных состояниях reserved, programming, validating, ready
u	число временно недоступных плат
R	значение min_free_reserve пула
m	допустимое число одновременных миграций горячих функций
f	число свободных плат, $f = N - h - c - t - u$

Условия допуска переписываются как $f - 1 \geq R$ для холодного запроса и $f \geq 1$ для горячего. Замена горячей функции (миграция) временно удерживает две платы: старая остается active, новая параллельно проходит этапы reserved — programming — validating. Поэтому каждая поддерживаемая параллельная миграция добавляет одну плату сверх h.

Результаты и обсуждения

Наименьший размер пула

Если платформа обязуется одновременно поддерживать h горячих функций, допускать до c холодных размещений, выдерживать до m параллельных миграций при резерве R и допуске потери до u плат, наименьший размер пула равен

$$N_{\min} = h + c + m + R + u.$$

Слагаемые имеют ясный операционный смысл: h — активная горячая емкость; c — активная холодная емкость; m — запас под текущие миграции (одна плата на каждую миграцию сверх постоянно занятого места); R — защищенный резерв, который всегда должен быть свободен; u — запас под платы, временно изолированные или находящиеся в обслуживании. Если холодные размещения оппортунистические и не входят в обязательства, слагаемое c опускается, и формула задает парк, требуемый только для горячих обязательств.

Допуск функций на фиксированном парке

При фиксированном N суммарная занятая емкость пула ограничена

$$h + c + t \leq N - R - u.$$

Отсюда следуют верхние оценки на число новых размещений в текущий момент: для горячих $\Delta h_{\max} = f$ (горячий запрос проходит без фильтра резерва); для холодных $\Delta c_{\max} = f - R$ (холодный запрос обязан сохранить резерв). При $\Delta c_{\max} < 0$ новые холодные запросы ставятся в очередь или отклоняются; при $f = 0$ оба класса временно не размещаемы, и для восстановления емкости требуется завершение миграций, выход плат из переходных состояний или возврат плат из недоступного состояния.

Числовой пример

Платформа обязуется поддерживать $h = 5$ горячих функций, допускать до $c = 10$ холодных размещений, выдерживать до $m = 2$ параллельных миграций при резерве $R = 2$ и допуске потери до $u = 1$ платы. Тогда наименьший размер пула $N_{\min} = 5 + 10 + 2 + 2 + 1 = 20$ плат. Обратная задача: при $N = 6, R = 2, u = 0$ суммарная емкость активных и переходных размещений равна $N - R - u = 4$ функциям, а запас под одну параллельную миграцию ($m = 1$) снижает ее до $N - R - u - m = 3$.

Оценки на уровне системы

Реальная платформа содержит несколько пулов. Пулы отличаются семейством ПЛИС, версией оболочки, транспортом или политикой обслуживания — например, отдельный пул горячих функций с защищенным резервом и отдельный пул холодных размещений без резерва, либо отдельные пулы под разные поколения плат. Каждый пул индексируется p и имеет собственные параметры $N_p, R_p, h_p, c_p, t_p, u_p, m_p$; правило сохранения резерва применяется к каждому пулу независимо.

Если каждый запрос совместим ровно с одним пулом (например, каждая функция привязана к конкретной версии оболочки и семейству ПЛИС), пулы независимы, и системные оценки суммируются:

$$N_{\min,\,\mathrm{sys}} = \sum_p \left(h_p + c_p + m_p + R_p + u_p\right), \Delta c_{\max,\,\mathrm{sys}} = \sum_p max\,(0, f_p - R_p).$$

Резерв $\sum_p R_p$ в такой системе не перебрасывается между пулами: свободная плата из пула A не обслужит запрос, совместимый только с пулом B. Поэтому общий резерв растет линейно с числом пулов.

Если запрос совместим с несколькими пулами (например, две версии оболочки приемлемы для одной функции), пуловые оценки нельзя складывать напрямую: фактическое распределение нагрузки определяется политикой выбора пула. Простая безопасная оценка получается, если для каждого пула p задать ρ_p — наибольшую долю системной нагрузки, которую этот пул должен принять в одиночку. Тогда пул рассчитывается на эту долю суммарной нагрузки: $h_{p'} = \rho_p h_{\mathrm{sys}}$ и $c_{p'} = \rho_p c_{\mathrm{sys}}$, где h_{sys} и c_{sys} — суммарные по системе числа горячих и холодных функций; полученные $h_{p'}$ и $c_{p'}$ подставляются в пуловую формулу $N_{\min}$. При $\sum_p \rho_p > 1$ платформа допускает переподписку и опирается на гибкость выбора пула; при $\sum_p \rho_p = 1$ перекрытие совместимости не дает экономии по сравнению с разбиением. Если же все платы образуют один пул (типичная ситуация для небольшого стенда или однородного кластера), системные оценки совпадают с пуловыми, $N_{\min,\,\mathrm{sys}} = N_{\min}$.

Соответствующая процедура (Листинг 1) расчета сводит обе оценки и проверку допуска к одному проходу по пулам.

Листинг 1 — Псевдокод расчета наименьшего размера парка и проверки допуска

```
//Наименьший размер парка и проверка допуска для системы пулов.
N_min_system(pools):
total = 0
для каждого p в pools:
total += h[p] + c[p] + m[p] + R[p] + u[p]
вернуть total
admit(request, p):
f = N[p] - h[p] - c[p] - t[p] - u[p] //свободные платы пула
если request.tier == hot:
вернуть f >= 1 //горячий запрос без фильтра резерва
иначе:
вернуть f - 1 >= R[p] //холодный запрос сохраняет резерв
```

Системный пример

Платформа имеет два пула: горячий с обязательствами $h_1 = 5, c_1 = 0, m_1 = 2, R_1 = 2, u_1 = 1$ и холодный с $h_2 = 0, c_2 = 10, m_2 = 0, R_2 = 0, u_2 = 1$. Если функции разнесены по пулам, системный минимум складывается: $N_{\min,\,\mathrm{sys}} = (5 + 0 + 2 + 2 + 1) + (0 + 10 + 0 + 0 + 1) = 10 + 11 = 21$ плата. Если холодные функции допускают размещение в обоих пулах, политика «горячий пул принимает на себя до 30 процентов холодной нагрузки» дает $c_{1'} = 3, c_{2'} = 10$ и $N_{\min,\,\mathrm{sys}} = (5 + 3 + 2 + 2 + 1) + (0 + 10 + 0 + 0 + 1) = 13 + 11 = 24$ платы. Дополнительная емкость отражает дублирование под переподписку.

Влияние параметров миграции и потерь

Параметр m задает, сколько горячих функций могут одновременно находиться в миграции. Низкое значение экономит парк, но удлиняет полную перевыдачу оболочек при смене версии; высокое значение ускоряет миграцию, но удорожает парк. На практике m выбирается по ожидаемой частоте обновления оболочки и пиковой нагрузке на замену. Параметр u задает консервативный бюджет на одновременные потери плат. Он не моделирует распределение отказов и не заменяет оценки надежности: он лишь резервирует u плат, чтобы единичные потери не разрушали инвариант резерва. Для оценки u может использоваться эксплуатационный профиль отказов конкретного класса плат и допустимое время восстановления. Поскольку $N_{\min}$ линейно зависит от m, R и u, эти три параметра задают прямую цену гарантий: каждая дополнительная единица любого из них добавляет ровно одну плату к требуемому парку. Таблица 2 показывает наименьший размер пула для нескольких типовых профилей обязательств; она используется как первичная оценка парка при проектировании.

Таблица 2
Наименьший размер пула для разных профилей обязательств

Профиль	h	c	m	R	u	$N_{\min}$
Стенд из нескольких плат	2	0	1	1	0	4
Только горячие обязательства	8	0	2	2	1	13
Смешанный малый кластер	5	10	2	2	1	20
Повышенная надежность	5	10	2	3	2	22

Линейность формулы видна по строкам: переход от смешанного кластера к профилю повышенной надежности добавляет один к R и один к u и увеличивает $N_{\min}$ ровно на две платы.

Ограничения

Оценки предполагают однородный пул и фиксированную политику резерва; для смешанных парков они применяются к каждому пулу независимо. Они не охватывают коррелированных отказов, превышения u или необходимости расходовать резерв под аварийную политику; для таких сценариев требуется отдельная политика администратора. Оценки также не дают конструкции расписания: они показывают, сколько функций можно одновременно держать, но не отвечают, на какой именно плате должна оказаться каждая функция. Локальная эвристика выбора платы, согласованная с этими оценками, рассматривается отдельно.

Выводы

1. Резерв-ориентированная модель размещения для FPGA-FaaS с полной загрузкой устройства [1] дополнена аналитическими оценками емкости, выведенными прямой подстановкой в правило сохранения резерва.

2. Наименьший размер пула $N_{\min} = h + c + m + R + u$ задает требуемый парк плат при заявленных обязательствах; слагаемые m, R и u задают прямую цену гарантий.

3. Верхняя граница $h + c + t \le N - R - u$ ограничивает занятую емкость на фиксированном парке, а разности $\Delta h_{\max} = f$ и $\Delta c_{\max} = f - R$ задают допустимое число новых горячих и холодных размещений в текущий момент.

4. На уровне системы из нескольких пулов оценки суммируются при разбиении запросов по совместимости и требуют политики распределения нагрузки при перекрывающейся совместимости.

5. Все соотношения не требуют запуска планировщика и применимы как инструмент проектирования FPGA-FaaS-парка и как ограничение допуска новых запросов.

Литература

1. Степаниденко Д. С., Рыжова А. А. Динамически генерируемые оболочки для бессерверных вычислений на ПЛИС // Цифровизация экономики и финансов: модели, методы и технологии : Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Финансовый университет, Москва, 22-23 апреля 2026 года / Под редакцией Д. И. Коровина, В. Е. Косарева, коллектив авторов. — Москва : ООО "Издательский дом "Научная библиотека", 2026. – 538 с. – ISBN 978-5-908155-22-9. — DOI: 10.36871/978-5-908155-22-9.

2. Fiscaletti G. PLUTO: a POMDP-based Serverless Autoscaler for FPGA-as-a-Service Accelerated Functions // Master's thesis, University of Illinois at Chicago. 2021.

3. Bacis M., Brondolin R., Santambrogio M. D. BlastFunction: an FPGA-as-a-Service system for Accelerated Serverless Computing // IEEE Design, Automation & Test in Europe Conference (DATE). 2020. С. 852–857.

4. Damiani A. и др. BlastFunction: A Full-stack Framework Bringing FPGA Hardware Acceleration to Cloud-native Applications // ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETS). 2022.

5. Mainas C. и др. F3: An FPGA-accelerated FaaS Framework // 34th International Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC '25). 2025. С. 1–16.

6. Koshiba A., Mainas C., Bhatotia P. Funky: Cloud-Native FPGA Virtualization and Orchestration // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '25). 2025. С. 209–224.

7. Quraishi M. H. и др. SAF: Scalable Acceleration Framework for dynamic and flexible scaling of FPGAs. 2025.

8. Agarwal S., Rodriguez M. A., Buyya R. Dynamic Function Configuration and its Management in Serverless Computing: A Taxonomy and Future Directions // Journal of the ACM. 2025.

9. Rehman A., Fuerst A., Sharma P. FaasMeter: Energy-First Serverless Computing // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '24). 2024.

10. Calavaro C. и др. Beyond Cloud: Serverless Functions in the Compute Continuum // SN Computer Science. 2025.

11. Wen J. и др. Rise of the Planet of Serverless Computing: A Systematic Review // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM). 2023.

12. Besozzi V. и др. High-Performance Serverless Computing: A Systematic Literature Review on Serverless for HPC, AI, and Big Data // IEEE Access. 2026.

Analytical pool capacity estimates for FPGA-FaaS with dynamically generated shells

Stepanidenko D.S., Shtreker E.N.
MIREA — Russian Technological University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

In FPGA-FaaS with dynamically generated shells and full bitstream loading, function placement obeys a free-board reserve-preservation rule: every new function and every replacement of an active function needs a free compatible board, and during the long transient states of programming and validation that board does not return to the free pool. The aim of this work is to provide a fleet-design tool that answers two practical questions: what is the smallest pool size that meets the stated obligations on the number of hot functions, the number of concurrent migrations, and the tolerance for temporary board losses; and what is the largest number of functions that can be safely kept deployed on a fixed fleet without violating the reserve. To this end the reserve-preservation rule is rewritten through the pool state counters, and the estimates are derived by direct substitution into the reserve invariant. The results are a formula for the smallest pool size, an upper bound on occupied capacity, expressions for the admissible number of new hot and cold placements at the current moment, and a computation procedure for a system of several pools with disjoint and overlapping compatibility. The practical use of the estimates is the design of an FPGA board fleet size and admission control of new requests at the planning stage, without running the scheduler and without long global locks.

Keywords: FPGA, FPGA-FaaS, dynamic shell, pool capacity estimates, board fleet planning, reserve-aware placement, serverless computing.

References

1. Stepanidenko D.S., Ryzhova A.A. Dynamically generated shells for serverless computing on FPGAs // Digitalization of Economics and Finance: Models, Methods and Technologies: Collection of Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Students and Postgraduates, Financial University, Moscow, April 22-23, 2026 / Edited by D.I. Korovin, V.E. Kosarev, team of authors. - Moscow: LLC Publishing House "Scientific Library", 2026. - 538 pp. - ISBN 978-5-908155-22-9. - DOI: 10.36871/978-5-908155-22-9.
2. Fiscaletti G. PLUTO: a POMDP-based Serverless Autoscaler for FPGA-as-a-Service Accelerated Functions // Master's thesis, University of Illinois at Chicago. 2021.
3. Bacis M., Brondolin R., Santambrogio M. D. BlastFunction: an FPGA-as-a-Service system for Accelerated Serverless Computing // IEEE Design, Automation & Test in Europe Conference (DATE). 2020, pp. 852–857.
4. Damiani A. et al. BlastFunction: A Full-stack Framework Bringing FPGA Hardware Acceleration to Cloud-native Applications // ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETS). 2022.
5. Mainas C. et al. F3: An FPGA-accelerated FaaS Framework // 34th International Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC '25). 2025. pp. 1–16.
6. Koshiba A., Mainas C., Bhatotia P. Funky: Cloud-Native FPGA Vir-tualization and Orchestration // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '25). 2025. pp. 209–224.
7. Quraishi M. H. et al. SAF: Scalable Acceleration Framework for dynamic and flexible scaling of FPGAs. 2025.
8. Agarwal S., Rodriguez M. A., Buyya R. Dynamic Function Configuration and its Management in Serverless Computing: A Taxonomy and Future Directions // Journal of the ACM. 2025.
9. Rehman A., Fuerst A., Sharma P. FaasMeter: Energy-First Serverless Computing // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '24). 2024.
10. Calavaro C. et al. Beyond Cloud: Serverless Functions in the Compute Continuum // SN Computer Science. 2025.
11. Wen J. et al. Rise of the Planet of Serverless Computing: A System-atic Review // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM). 2023.
12. Besozzi V. et al. High-Performance Serverless Computing: A Sys-thematic Literature Review on Serverless for HPC, AI, and Big Data // IEEE Ac-cess. 2026.

Абстракция и изоляция памяти пользовательских функций в FPGA-FaaS с динамически генерируемыми оболочками

Степаниденко Дмитрий Сергеевич
магистрант, МИРЭА — Российский технологический университет, dimitrij.stepanidenko@gmail.com,

Штрекер Евгений Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники, МИРЭА — Российский технологический университет, Shtreker@mirea.ru

В FPGA-FaaS пользовательская функция работает внутри оболочки (shell): оболочка задает протокол обмена с функцией, берет на себя связь с ней и абстрагирует сложные части — транспорт, разбор запроса и диспетчеризацию. Оболочка генерируется под конкретный набор функций и конкретную ПЛИС и загружается полной реконфигурацией. Интерфейс обмена статичен и проверяется при генерации, но многим функциям нужна память, а на ПЛИС нет операционной системы и общего диспетчера памяти, который изолировал бы пользовательские функции. Цель работы — дать пользовательским функциям абстракцию памяти с изоляцией между пользователями: каждая функция может получить один или несколько абстрактных модулей памяти заданного размера и класса (быстрая блочная память BRAM или ёмкая внешняя DDR3), не зная, чем они физически обеспечены. Решаемые задачи: задать интерфейс модуля памяти, переносимый между разными ПЛИС и типами памяти; статически разместить модули по непересекающимся физическим участкам при генерации оболочки; обеспечить, чтобы через абстракцию пользователь не мог обратиться к чужой памяти. Предложен интерфейс модуля памяти с рукопожатием (valid/ready), который единообразно покрывает быструю блочную память (BRAM) и медленную внешнюю память (DDR3); статическое размещение модулей по участкам при генерации; относительная адресация и проверка границ в арбитре оболочки, который добавляет базу участка и отклоняет обращения за его пределы. Практическое применение — совместное размещение недоверенных функций с собственной памятью на отладочных платах с ПЛИС в полностью свободном инструментальном стеке.

Ключевые слова: ПЛИС, FPGA-FaaS, динамическая оболочка, абстракция памяти, изоляция памяти, статическое размещение, бессерверные вычисления.

Введение

В FPGA-FaaS пользовательская логика реализуется на HDL и работает внутри оболочки (shell). Оболочка задает функции протокол обмена, берет на себя связь с ней и абстрагирует сложные части: транспорт, разбор запроса, диспетчеризацию и контроль выполнения. В рассматриваемой архитектуре оболочка генерируется динамически [1]: под конкретный набор функций и конкретную ПЛИС платформа собирает оболочку, синтезирует битстрим и загружает его полной реконфигурацией. На одной плате одновременно размещается несколько функций, то есть применяется пространственное разделение (space-sharing) ресурсов кристалла — в противоположность разделению по времени (time-sharing); это различение для FPGA-ускорителей ввела BlastFunction [2].

Интерфейс обмена с функцией статичен: функция получает порты данных и управления, и оболочка проводит через них поток запрос—ответ. Такой интерфейс легко проверить при генерации, поэтому функция, у которой объявлены только порты обмена, не имеет путей к внутренним сигналам оболочки или к соседним функциям. Иначе обстоит дело с памятью. Многим функциям нужна рабочая память, но на ПЛИС нет операционной системы и аппаратного диспетчера памяти, который на процессорных платформах изолирует пользовательские функции. Как только функциям дают доступ к общей физической памяти платы, появляется путь, по которому один пользователь может обратиться к данным другого, если этого не предотвращает сама абстракция памяти. Pundir и соавторы показывают, что неконтролируемый доступ в FPGA-as-a-Service приводит к утечке данных и отказу в обслуживании [3]; поэтому изоляция памяти — обязательное свойство совместного размещения недоверенных функций.

Предыдущая работа авторов [1] описала архитектуру оболочки и оставила безопасное предоставление памяти пользовательской функции открытым вопросом. Данная статья закрывает этот вопрос. Цель — дать функциям абстракцию памяти с изоляцией между пользователями: функция получает один или несколько абстрактных модулей памяти заданного размера и класса, не зная, чем они обеспечены физически, и не имея доступа к памяти других функций.

Абстракция и изоляция памяти в существующих работах

F3 размещает в статической оболочке диспетчер памяти и блоки прямого доступа к памяти и выполняет трансляцию адресов для областей vFPGA: пользовательская логика не обращается к памяти напрямую, а видит только отображенные ей буферы [4]. По данным авторов, виртуализация вносит накладные расходы порядка 7–15% относительно прямого исполнения. Funky сохраняет тот же механизм и добавляет контрольные точки и вытеснение с отслеживанием состояния областей [5]. OffRAC изолирует области выделенными очередями и сообщает о накладных расходах менее 1% ресурсов на логику изоляции [6]. Mantle разделяет оболочку, промежуточный слой и пользовательскую роль через области частичной реконфигурации [7], а системы тонкозернистого разделения вроде Nimblock виртуализируют ПЛИС, также опираясь на области частичной реконфигурации [8]. Serverless FPGA и BlastFunction избегают конкурентного доступа, исполняя одну функцию за раз [2,9,10].

Во всех этих системах изоляция памяти происходит от разделения кристалла на области, которое обеспечивает частичная реконфигурация, и от диспетчера памяти в статической оболочке. В архитектуре без частичной реконфигурации независимых аппаратных областей нет, а вендорный диспетчер памяти недоступен, поэтому изоляцию памяти приходится строить в самой генерируемой оболочке.

Материалы и методы исследований

Постановка задачи

Свободный инструментальный стек (Yosys, nextpnr, openFPGALoader) не поддерживает частичную реконфигурацию, поэтому ПЛИС реконфигурируется полностью, кристалл нельзя разделить на независимые аппаратные области, а вендорного диспетчера памяти нет. Физическая память платы — блочная память (BRAM) на Tang Nano 20K, блочная память и внешняя DDR3 на Tang Primer 20K — является единым ресурсом, который совместно используют все размещенные функции.

Оболочка генерируется под известный набор функций; каждая функция объявляет, сколько модулей памяти, какого размера и какого класса — быстрого (блочная память) или ёмкого (внешняя DDR3) — ей нужно. Интерфейс обмена с функцией статичен и проверяется при генерации,

поэтому доступ к внутренним сигналам оболочки и к соседним функциям через него исключен. Открытая задача появляется с памятью: нужно дать каждой функции ее память и не позволить через абстракцию обратиться к чужой. Решение состоит из трех частей: интерфейс модуля памяти, статическое размещение модулей по физическим участкам и изоляция через относительную адресацию с проверкой границ.

Интерфейс модуля памяти

Пользовательская функция объявляет один или несколько модулей памяти, каждый заданного размера и класса. Оболочка предоставляет каждый модуль как порт с рукопожатием: функция выставляет запрос req, признак записи we, относительный адрес addr в пределах от нуля до размера модуля и данные записи wdata; оболочка подтверждает прием сигналом ready, а результат чтения возвращает позже сигналом rvalid с данными rdata. Рукопожатие отделяет функцию от задержки носителя: один и тот же интерфейс обслуживает быструю блочную память с задержкой в один-два такта и внешнюю DDR3 с переменной и большей задержкой. Класс носителя — быстрый (блочная память) или ёмкий (DDR3) — пользователь выбирает при объявлении модуля, исходя из требований к задержке и объему; интерфейс модуля при этом не меняется. Благодаря этому абстракция переносима между платами — функция, написанная под интерфейс модуля, работает и там, где ее модуль обеспечен блочной памятью, и там, где он обеспечен DDR3. Оболочка и арбитр памяти описываются на языке Spade [11].

Статическое размещение модулей

Размещение выполняется при генерации оболочки. Генератор знает все функции набора, размеры и классы их модулей, поэтому он разбивает физическую память платы на непересекающиеся участки и закрепляет за каждым модулем участок — пару «база, размер». База — это физический адрес, с которого участок модуля начинается в памяти платы: относительный адрес пользователя отсчитывается от базы, а размер задает длину участка. База и размер фиксируются в оболочке и пользователю недоступны. Класс носителя — быструю блочную память или ёмкую DDR3 — выбирает пользователь; генератор лишь закрепляет за модулем конкретный участок памяти запрошенного класса. Таблица 1 показывает пример размещения для двух функций.

Таблица 1

Пример статического размещения модулей по участкам

Модуль	Функция	Размер	Носитель	База
M0	F_A	4 КБ	BRAM	0x0000
M1	F_A	64 КБ	DDR3	0x0000_0000
M2	F_B	8 КБ	BRAM	0x1000
M3	F_B	256 КБ	DDR3	0x0001_0000

В таблице столбец «Носитель» — это класс памяти, запрошенный пользователем, а столбец «База» — назначенный генератором физический адрес начала участка. Генератор перебирает модули и каждому выдает следующий свободный участок запрошенного носителя: базой становится текущая граница занятого в этом носителе, после чего граница сдвигается на размер модуля (Рисунок 1). Участки одного носителя идут подряд и не пересекаются.

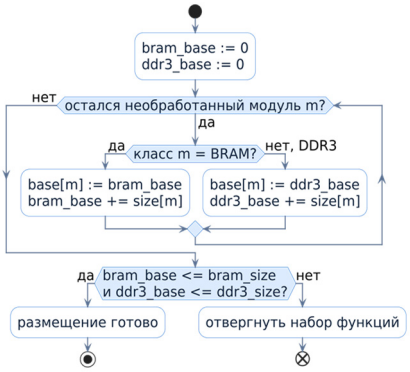


Рисунок 1 — Статическое размещение модулей по участкам при генерации

Изоляция через относительную адресацию и проверку границ

Пользователь адресует свой модуль относительно нуля и не знает базы участка. Арбитр памяти оболочки на каждом обращении вычисляет физический адрес как сумму базы участка и относительного адреса и проверяет, что относительный адрес меньше размера модуля. Базу добавляет оболочка, а не пользователь, поэтому пользователь не может подставить чужую базу; обращение за границу модуля отклоняется, нарушение фиксируется в управляющей плоскости, запись подавляется, а чтение возвращает ноль (Рисунок 2).

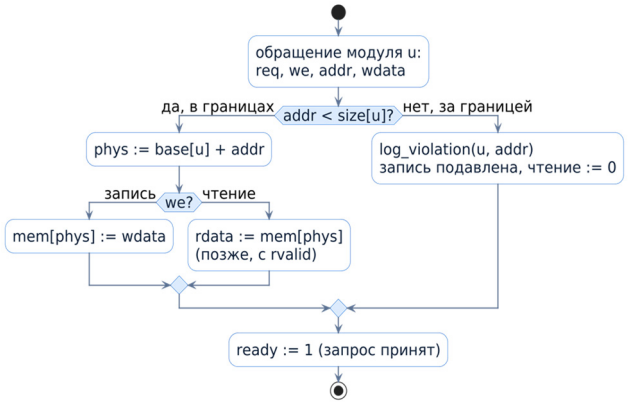


Рисунок 2 — Относительная адресация и проверка границ в арбитре памяти (UML-диаграмма деятельности)

Несколько модулей и несколько функций обслуживаются одним арбитром, который маршрутизирует порт каждого модуля к его участку и упорядочивает конкурентные обращения к общей физической памяти, в частности к единственному каналу DDR3. Например, для модуля M2 размером 8 КБ с базой 0x1000 относительный адрес 0x0500 отображается в физический 0x1500 и обслуживается, а относительный адрес 0x2500, выходящий за 8 КБ, отклоняется арбитром, и попытка фиксируется как нарушение. Когда несколько модулей делят один носитель — общий блок памяти или единственный канал DDR3, — их обращения нельзя выполнить одновременно, поэтому арбитр обслуживает запросы по очереди, циклически (round-robin): за каждый такт он отдает доступ следующему из ожидающих модулей и сдвигает указатель приоритета дальше. Глубокой очереди-буфера при этом нет — невыбранный в этот такт модуль не получает ready и повторяет запрос на следующем такте. Циклический порядок не дает ни одному модулю захватить носитель целиком и ограничивает, насколько одна функция задерживает другие, но не устраняет соперничество за пропускную способность DDR3. Чередование подтверждено симуляцией: при одновременных запросах двух модулей доступ по очереди получают оба, без голодания.

Результаты и обсуждения

Гарантия изоляции

Ни одно выполненное обращение модуля одного пользователя не попадает в участок модуля другого пользователя. Каждое выполненное обращение модуля с базой b_u и размером s_u имеет физический адрес $b_u + a$, где относительный адрес $a < s_u$ по проверке границы, поэтому адрес лежит в участке $[b_u, b_u + s_u)$. Базу b_u добавляет оболочка, пользователь подставить ее не может. Участки, закрепленные за разными модулями, не пересекаются по построению при генерации. Следовательно, выполненное обращение остается в участке своего модуля и не достигает чужого. Изоляция между пользователями обеспечивается самой абстракцией, без частичной реконфигурации и без вендорного диспетчера памяти. Это свойство подтверждено потактовой симуляцией арбитра: два модуля, обращающиеся по одному относительному адресу, получают разные физические участки, а обращение за границу модуля отклоняется с подавлением записи и нулевым результатом чтения.

Переносимость между носителями и платами

Рукопожатие скрывает задержку носителя, поэтому одна и та же абстракция покрывает блочную память и DDR3, а функция переносится между платами без изменений, если плата предоставляет запрошенные классы памяти. Класс носителя выбирает пользователь, а конкретную память этого класса дает плата: на Tang Nano 20K доступна только блочная память, поэтому размещаются лишь быстрые модули; на Tang Primer 20K быстрые модули обеспечиваются блочной памятью, а ёмкие — внешней DDR3. Для функции интерфейс модуля одинаков; различаются лишь физический носитель и задержка ответа, которую функция и без того обязана переносить из-за рукопожатия.

Различие сводится к источнику изоляции. Существующие платформы получают ее от диспетчера памяти в статической оболочке и от разделения кристалла на области, которое обеспечивает частичная реконфигурация. Предлагаемый подход получает ту же изоляцию памяти от статического размещения по участкам и проверки границ в генерируемой оболочке, без частичной реконфигурации и без вендорного диспетчера памяти.

Сравнение подходов

Таблица 2

Абстракция и изоляция памяти в FPGA-FaaS

Подход	Абстракция и изоляция памяти	Инструментарий
F3, Funky [4,5]	Диспетчер памяти в статической оболочке, трансляция адресов, области частичной реконфигурации	Проприетарный
OffRAC [6]	Выделенные очереди на область, области частичной реконфигурации	Проприетарный
Данная работа	Модули с рукопожатием, статическое размещение по участкам, относительная адресация и проверка границ в арбитре	Свободный (Yosys, nextpnr)

Стоимость подхода

Арбитр добавляет на каждый модуль сумматор базы и компаратор границы и один такт на проверку, рукопожатие — регистры запроса и ответа, а конкуренцию за общий носитель разрешает круговой (round-robin) выбор. Объем логики растет примерно линейно по числу модулей k. Чтобы оценить эту стоимость, арбитр синтезирован средствами Yosys для семейства GW2A-18C (плата Tang Nano 20K) в двух конфигурациях — на четыре и на восемь модулей; прирост на один модуль получен как разность. Результаты, число логических примитивов после синтеза, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Затраты ресурсов арбитра памяти после синтеза (Yos□s, GW2A-18C)

Компонент	LUT	ALU	Триггеры	Блоки BRAM
Арбитр и память 4 модулей, всего	414	23	7	8
Прирост на один модуль	≈ 192	≈ 10	1	2

Сумматор базы и компаратор границы дают около семи арифметических ячеек (ALU) на модуль; еще несколько добавляет круговой выбор запроса. Регистр готовности чтения — один триггер на модуль, а круговой указатель приоритета — небольшой общий счетчик на весь арбитр. Остальной прирост LUT приходится на выбор запроса и пересылку 32-разрядных данных к общему порту памяти. Блоки BRAM отражают память самого модуля, около 32 Кбит на модуль в измеренной конфигурации, а не накладные расходы изоляции: относительная адресация и проверка границ не требуют дополнительной памяти. Стоимость контроллера DDR3 определяется внешним блоком памяти и в данной работе не измерялась.

Ограничения

Рукопожатие перекладывает переменную задержку носителя на пользовательскую функцию: функция должна работать с произвольной задержкой ответа, особенно при DDR3. Пропускная способность DDR3 делится между модулями, поэтому конкурентные обращения соперничают за канал, и равномерность обслуживания зависит от политики арбитра. Размещение статично: размеры и классы модулей фиксируются при генерации оболочки и не меняются во время работы, а изменение состава, размеров или классов модулей требует повторной генерации. Блочная память состоит из дискретных блоков фиксированного объема, поэтому модуль меньше блока оставляет неиспользуемый остаток (внутренняя фрагментация); генератор уменьшает потери, упаковывая несколько мелких модулей в один блок, но свободные остатки разных блоков нельзя слить в один непрерывный участок — блоки имеют отдельные порты и не объединяются в аппаратуре. Внешняя DDR3 адресуется линейно и такой фрагментации не создает. В доверенную базу входят свободные средства синтеза и трассировки. Временные побочные каналы остаются вне модели: по задержке ответа функция может косвенно судить о соперничестве за общий канал памяти.

Выводы

1. Предложена абстракция памяти: функция получает один или несколько модулей заданного размера через интерфейс с рукопожатием, единообразно покрывающий блочную память и DDR3.
2. Модули статически размещаются по непересекающимся физическим участкам при генерации оболочки; база и размер участка пользователю недоступны.
3. Изоляция между пользователями обеспечивается относительной адресацией и проверкой границ в арбитре: каждое выполненное обращение попадает только в участок своего модуля.
4. Подход достигает того же, что диспетчер памяти статической оболочки в F3 [4], но в генерируемой оболочке без частичной реконфигурации и без вендорного диспетчера памяти, на свободном инструментальном стеке.

Литература

1. Степаниденко Д. С., Рыжова А. А. Динамически генерируемые оболочки для бессерверных вычислений на ПЛИС // Цифровизация экономики и финансов: модели, методы и технологии : Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Финансовый университет, Москва, 22-23 апреля 2026 года / Под редакцией Д. И. Коровина, В. Е. Косарева, коллектив авторов. — Москва : ООО "Издательский дом "Научная библиотека", 2026. – 538 с. – ISBN 978-5-908155-22-9. — DOI: 10.36871/978-5-908155-22-9.
2. Bacis M., Brondolin R., Santambrogio M. D. BlastFunction: an FPGA-as-a-Service system for Accelerated Serverless Computing // IEEE Design, Automation & Test in Europe Conference (DATE). 2020. С. 852–857.
3. Pundir N. и др. What is All the FaaS About? - Remote Exploitation of FPGA-as-a-Service Platforms // IACR ePrint. 2021.
4. Mainas C. и др. F3: An FPGA-accelerated FaaS Framework // 34th International Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC '25). 2025. С. 1–16.
5. Koshiba A., Mainas C., Bhatotia P. Funky: Cloud-Native FPGA Virtualization and Orchestration // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '25). 2025. С. 209–224.
6. Yang Z. и др. OffRAC: Offloading Through Remote Accelerator Calls. 2025.
7. Ringlein B. и др. A Case for Function-as-a-Service with Disaggregated FPGAs // 14th IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD 2021). 2021. С. 333–344.
8. Mandava M., Reckamp P., Chen D. Nimblock: Scheduling for Fine-grained FPGA Sharing through Virtualization // Proceedings of the 50th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA '23). 2023.
9. Maschi F., Korolija D., Alonso G. Serverless FPGA: Work-In-Progress // 1st Workshop on SErverless Systems, Applications and MEthodologies (SESAME'23). 2023. С. 1–4.
10. Damiani A. и др. BlastFunction: A Full-stack Framework Bringing FPGA Hardware Acceleration to Cloud-native Applications // ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETS). 2022.
11. Skarman F., Gustafsson O. Spade: An HDL with Modern Language Features // International Conference on Field-Programmable Logic and Applications (FPL). 2022. С. 454–455.

Memory abstraction and isolation of user functions in FPGA-FaaS with dynamically generated shells

Stepanidenko D.S., Shtreker E.N.

MIREA — Russian Technological University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

In FPGA-FaaS a user function runs inside a shell: the shell defines the exchange protocol with the function, handles communication on its behalf, and abstracts away the hard parts, namely transport, request parsing, and dispatch. The shell is generated for a specific set of functions and a specific FPGA and is loaded by full reconfiguration. The exchange interface is static and is checked at generation time, but many functions need memory, and an FPGA has no operating system and no shared memory manager that would isolate user functions. The aim of this work is to give user functions a memory abstraction with inter-user isolation: each function receives one or more abstract memory modules of a requested size and class (fast block RAM or large external memory) without knowing how they are physically backed. The tasks addressed are: to define a memory-module interface portable across different FPGAs and memory kinds; to place modules statically into non-overlapping physical regions at shell generation; and to ensure that through the abstraction a user cannot access another user's memory. A handshaked (valid/ready) memory-module interface is proposed that uniformly covers fast block RAM (BRAM) and slow external memory (DDR3); static placement of modules into regions at generation; and relative addressing with a bounds check in the shell's arbiter, which adds the region base and rejects out-of-region accesses. The practical use is the co-location of untrusted functions with their own memory on FPGA boards in a fully open toolchain.

Keywords: FPGA, FPGA-FaaS, dynamic shell, memory abstraction, memory isolation, static allocation, serverless computing.

References

1. Stepanidenko D. S., Ryzhova A. A. Dynamically Generated Shells for Serverless Computing on FPGAs // Digitalization of Economy and Finance: Models, Methods and Technologies : Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Students and Postgraduate Students, Financial University, Moscow, April 22–23, 2026 / Edited by D. I. Korovin, V. E. Kosarev, team of authors. — Moscow : LLC "Publishing House 'Scientific Library'", 2026. – 538 p. – ISBN 978-5-908155-22-9. — DOI: 10.36871/978-5-908155-22-9.
2. Bacis M., Brondolin R., Santambrogio M. D. BlastFunction: an FPGA-as-a-Service system for Accelerated Serverless Computing // IEEE Design, Automation & Test in Europe Conference (DATE). 2020. pp. 852–857.
3. Pundir N. et al. What is All the FaaS About? - Remote Exploitation of FPGA-as-a-Service Platforms // IACR ePrint. 2021.
4. Mainas C. et al. F3: An FPGA-accelerated FaaS Framework // 34th International Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC '25). 2025. pp. 1–16.
5. Koshiba A., Mainas C., Bhatotia P. Funky: Cloud-Native FPGA Virtualization and Orchestration // ACM Symposium on Cloud Computing (SoCC '25). 2025. pp. 209–224.
6. Yang Z. et al. OffRAC: Offloading Through Remote Accelerator Calls. 2025.

Энергетическая эффективность различных способов механического обезвоживания осадков производственных сточных вод

Тиан Ивэнь
аспирант, Институт строительства и архитектуры, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 453460603@qq.com

Цель исследования состоит в сравнительной оценке энергетической эффективности основных способов механического обезвоживания осадков производственных сточных вод с учетом технологических ограничений, свойств осадка и эксплуатационных затрат. Методология основана на литературном обзоре и пересчете удельных показателей по опубликованным данным: расход электроэнергии на 1 м³ исходной смеси и на 1 т абсолютно сухого вещества, расход реагента, влажность кека и интегральные эксплуатационные затраты. Показано, что универсального энергоэффективного решения не существует: выбор определяется минералогическим составом, содержанием жиров, абразивных примесей, требуемой влажностью кека и доступностью промывной воды. На сопоставимом расчетном примере ленточный фильтр-пресс показал меньшие удельные затраты, чем центрифуга, при несколько более высокой влажности кека.

Ключевые слова: осадки производственных сточных вод, механическое обезвоживание, центрифуга, ленточный фильтр-пресс, камерно-мембранный фильтр-пресс, энергоэффективность, удельное энергопотребление, эксплуатационные затраты.

Введение

Осадки производственных сточных вод существенно различаются по химическому составу, влажности, токсичности и водоотдающим свойствам. Химический состав осадка оказывает существенное влияние на выбор метода обработки, а важнейшим показателем способности к влагоотдаче является удельное сопротивление, учитывающее изменение состава и свойств осадка. В общем случае обработка таких осадков включает сгущение, стабилизацию, кондиционирование, обезвоживание, обезвреживание и утилизацию [3, с. 27].

Действующий СП 32.13330.2018 требует обезвоживания всех жидких осадков до влажности не более 82 % естественным или механическим способом; при новом проектировании очистных сооружений начиная со средних предусматривается преимущественно механическое обезвоживание, а иловые площадки допускаются лишь как резервные сооружения. В качестве основного оборудования стандарт допускает использование центрифуг, а также ленточных, камерных и шнековых фильтр-прессов [6].

Задача выбора способа механического обезвоживания в промышленной водоочистке уже не сводится к достижению формально допустимой влажности кека. На первый план выходят удельное энергопотребление, расход флокулянтов, объем возвратных потоков, влияние песка и жиров на надежность оборудования, а также пригодность полученного кека для дальнейшей утилизации. Сравнение выполняется по совокупности удельных энергетических и эксплуатационных критериев, нормированных на объем исходной смеси и массу абсолютно сухого вещества.

Литературный обзор

По ГОСТ Р 59748–2021 центрифуга применима для объектов любых размеров, отличается высокой производительностью, низкой влажностью кека и высоким уровнем автоматизации, но характеризуется более высоким потреблением электроэнергии — в среднем около 0,4–0,6 кВт·ч/м³ — и чувствительностью к песку из-за абразивного износа. Для ленточного фильтр-пресса тот же стандарт отмечает низкое энергопотребление и устойчивость к абразивным включениям, но одновременно указывает на высокие трудозатраты обслуживания, большой расход промывной воды и сложности при работе с жиросодержащими осадками. Камерно-мембранный фильтр-пресс характеризуется наибольшей степенью обезвоживания и низким потреблением электроэнергии, но работает в периодическом режиме и требует участия оператора [2].

Учебное пособие А.М. Исаевой систематизирует данные по промышленным осадкам. Для фильтр-прессов приведено, что влажность обезвоженного осадка после обработки осадков промышленных сточных вод может изменяться в очень широком диапазоне: от 16 % для стекольного производства до 71–80 % для целлюлозно-бумажных предприятий и 63–75 % для производства синтетического каучука. Для станций нейтрализации металлургических предприятий указана возможность получения осадка с влажностью около 33 %, а для литейных цехов — 40–50 %. Эти данные показывают, что сопоставление оборудования без учета отраслевой природы осадка является методически некорректным [3, с. 68].

Для промышленных осадков при центрифугировании разброс параметров также велик. По данным Исаевой, влажность кека после центрифуг может составлять 65–70 % для гидролизных заводов, 68–74 % для кожевенных предприятий, 78–80 % для предприятий рыбной промышленности и 80–83 % для гальванических производств; при этом для гальванических осадков эффект разделения сухого вещества достигает 98–99 % при использовании ПАА. Преимущество центрифуги проявляется не одинаково для всех промышленных осадков, а привязано к их гранулометрии, плотности и условию кондиционирования [3, с. 77].

Открытые международные источники подтверждают указанную неоднозначность. U.S. EPA относит ленточные фильтр-прессы к распространенному механическому оборудованию, указывая на простоту обслуживания и быстрый пуск, но подчеркивая высокую чувствительность к колебаниям свойств осадка, риски «засаливания» ленты при повышенном содержании масел и жиров, а также значительные расходы воды на промывку. Для центрифуг отмечаются малая занимаемая площадь, высокая концентрация сухих веществ в кеке и возможность устойчивой ав-

томатизированной работы, но одновременно — высокое энергопотребление, шумность и необходимость квалифицированной настройки режима и полимерной подготовки [9; 10].

Обзор Чанга и соавт. выявил важный методический дефицит современной литературы. Авторы проанализировали 55 наборов данных по обезвоживанию и 21 набор данных по сушке, но пришли к выводу, что дефицит полноценных массивов не позволяет установить детальные зависимости между входными и выходными параметрами технологий. При этом для механического обезвоживания показаны типичные значения расхода химических реагентов 5–15 г/кг TS и сравнительно низкие энергетические затраты: в среднем 0,12 кВт·ч/кг TS для сырого и 0,26 кВт·ч/кг TS для сброженного осадка; для термической сушки эти значения значительно выше. В научной литературе сохраняется недостаток сопоставимых промышленных данных полного масштаба, особенно по энергопотреблению и составу отделяемой воды [8, с. 1087].

Для производственных сточных вод наиболее близким по предмету является публикация С.Л. Филатова и соавт., посвященная осадку транспортерно-моечной воды свеклосахарного производства. В этой работе показано, что при обезвоживании на ленточных фильтр-прессах на Заинском сахарном заводе был получен осадок с влажностью 60–70 %, пригодный для дальнейшего использования как почвогрунт. Практическая ценность этой публикации состоит в демонстрации отраслевого примера, где требуемый уровень остаточной влажности определяется не абстрактным нормативом, а последующей схемой утилизации [7, с. 37].

Материалы и методы

Качественное сравнение выполнено для четырех групп оборудования, упоминаемых в действующих российских нормах: центрифуг, ленточных фильтр-прессов, камерно-мембранных фильтр-прессов и шнековых фильтр-прессов.

Количественный анализ проведен на опубликованных данных А.Ю. Малютина, где выполнены опытно-промышленные испытания ленточного фильтр-пресса и центрифуги на однородной смеси сырого осадка и избыточного активного ила. Смесь имела влажность 98,78 % и содержание абсолютно сухого вещества 12,17 кг/м³; на центрифугу подавалось 20 м³/ч, на ленточный фильтр-пресс — 2,43 м³/ч. По данным источника, потребляемая электроэнергия составляла 21,0 кВт·ч для центрифуги и 1,3 кВт·ч для ленточного фильтр-пресса; расход товарного флокулянта — 6,67 и 2,26 кг/т асв соответственно; влажность кека — 76,63 и 79,50 % [5, с. 4].

Для сравнения использованы следующие показатели:

$E_V = P_e/Q_{in}$ — удельный расход электроэнергии на 1 м³ исходной смеси, кВт·ч/м³;

$E_{ASV} = P_e/G_{ASV}$ — удельный расход электроэнергии на 1 т абсолютно сухого вещества, кВт·ч/т;

R_f — расход флокулянта, кг/т асв;

C_V — эксплуатационные затраты на 1 м³ исходной смеси, руб/м³;

C_{ASV} — эксплуатационные затраты на 1 т абсолютно сухого вещества, руб/т асв.

Формулы стоимостной оценки приняты по опубликованной модели Малютина; дополнительные удельные энергетические показатели рассчитаны автором настоящей статьи на основе его исходных данных.

Данные по промышленным осадкам в открытой литературе, к сожалению, не позволяют выполнить прямое сопоставление разных типов оборудования на идентичных исходных смесях. Поэтому в работе использован наиболее полный из доступных опубликованных примеров, где два типа аппарата сравнивались в одинаковых условиях. Полученные удельные показатели являются иллюстрацией методики; для конкретных производственных осадков они требуют корректировки с учетом фильтрационных свойств шлама.

Для производственных осадков абсолютные значения будут изменяться в зависимости от удельного сопротивления, зольности, содержания песка, жиров и необходимости реагентной подготовки.

Результаты и обсуждение

Исходная нормативная оценка показывает, что простое противопоставление «центрифуга против фильтр-пресса» является упрощением. СП 32.13330.2018 допускает использование центрифуг, ленточных, камерных и шнековых фильтр-прессов, в ГОСТ Р 59748–2021 указано, что выбор оборудования должен учитывать не только степень обезвоживания, но и условия эксплуатации. Для осадков с высоким содержанием жиров нормативно-справочная литература благоприятнее оценивает центрифуги, а для осадков с абразивными включениями — ленточные фильтр-прессы.

Для высокоскоростных центрифуг особо критично содержание песка. В ИТС 10–2019 указано, что содержание песка, не создающее трудностей для эксплуатации, должно составлять не более 6 % от сухого вещества осадка, а при использовании высокоскоростных центрифуг — не более 3 %. Песок и другие абразивные примеси встречаются существенно чаще, чем в стабилизированных биологических осадках.

Для ленточных фильтр-прессов эксплуатационная проблема носит иной характер. ГОСТ и U.S. EPA сходятся в том, что их преимущества связаны с низким энергопотреблением и относительной конструктивной простотой, но эти преимущества частично компенсируются постоянной промывкой лент, дополнительной нагрузкой на возвратные потоки и чувствительностью к осадкам с повышенным содержанием масел и жиров. На площадках с дефицитом технической воды либо при высоких требованиях к качеству фильтрата энергетическое преимущество ленточного фильтр-пресса должно оцениваться совместно с водохозяйственными и санитарно-гигиеническими факторами.

Камерно-мембранные фильтр-прессы занимают особую позицию. С одной стороны, ГОСТ Р 59748–2021 относит их к аппаратам с наиболее высокой степенью обезвоживания и низким потреблением электроэнергии; с другой стороны, периодический режим работы и большая зависимость от оператора ограничивают их применение на объектах, ориентированных на полностью непрерывную и автоматизированную эксплуатацию. С инженерной точки зрения это означает, что камерно-мембранный фильтр-пресс энергетически привлекателен в тех случаях, когда решающее значение имеет минимизация массы кека перед вывозом или сушкой, а не максимальная непрерывность процесса.

Данные по промышленным осадкам подтверждают невозможность универсального выбора оборудования. По Исаевой, после фильтр-прессования осадки литейных цехов могут иметь влажность 40–50 %, осадки станций нейтрализации металлургических предприятий — около 33 %, а осадки целлюлозно-бумажных производств — 71–80 %. Для центрифугирования, напротив, промышленный диапазон чаще находится в области 65–83 % влажности кека. Следовательно, чем выше минеральная составляющая и фильтруемость промышленного осадка, тем заметнее преимущества прессового обезвоживания; чем более тонкодисперсным и коллоидным является осадок, тем осторожнее следует переносить результаты одной отрасли на другую [3, с. 77].

Отраслевой пример свеклосахарного производства имеет принципиальное значение для рассматриваемой тематики. В исследовании Филатова и соавт. показано, что ленточный фильтр-пресс обеспечил получение осадка транспортерно-моечной воды с влажностью 60–70 %, что признано достаточным для использования его в качестве почвогрунта. Этот результат демонстрирует, что требуемый уровень обезвоживания должен определяться не предельным технологическим потенциалом аппарата, а конечной схемой обращения с осадком: если дальнейшая цель состоит в получении рекультивационного материала, избыточное энергопотребление ради дополнительного снижения влажности может оказаться неоправданным [7, с. 35].

Наиболее наглядное количественное сопоставление получено по данным Малютина. В его опыте сравнивались ленточный фильтр-пресс и центрифуга на одном и том же составе смеси; это позволяет корректно пересчитать показатели в удельную форму. Результаты такого пересчета приведены в таблице ниже.

Таблица 1

Основные показатели ленточного фильтр-пресса и центрифуги; удельные показатели 0,535*,* 1,05*,* 43,96 *и* 86,28 *рассчитаны автором [5, с. 4]*

Показатель	Ленточный фильтр-пресс	Центрифуга
Производительность по исходной смеси, м³/ч	2,43	20,00
Массовый расход АСВ, кг/ч	29,58	243,48
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	1,30	21,00
Влажность кека, %	79,50	76,63
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/м³	0,535	1,05
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т АСВ	43,96	86,28
Расход товарного флокулянта, кг/т АСВ	2,26	6,67
Эксплуатационные затраты, руб/м³	13,04	32,34
Эксплуатационные затраты, руб/т АСВ	1071,51	2656,31

Расчет показывает, что центрифуга в данном случае обеспечивает немного более сухой кек: массовая доля сухого вещества в нем составляет 23,37 %, тогда как для ленточного фильтр-пресса — 20,50 %. При пересчете на влажность кека это соответствует 76,63 % для центрифуги и 79,50 % для ленточного фильтр-пресса. Оба значения удовлетворяют требованиям СП 32.13330.2018 (влажность не более 82 %). Разница в абсолютной влажности составляет около 3 %, что в ряде схем последую-

щей утилизации (например, при получении почвогрунта или компостировании) не является критическим фактором, однако может иметь значение при термической сушке или сжигании, где каждый процент снижения влажности уменьшает затраты тепла. За это улучшение приходится платить почти двукратным ростом удельного расхода электроэнергии на 1 т АСВ и почти трехкратным ростом расхода флокулянта. Интегральные эксплуатационные затраты также увеличиваются примерно в 2,48 раза как в пересчете на 1 м³ исходной смеси, так и на 1 т абсолютно сухого вещества [5, с. 4].

Нужно отметить структуру затрат. По данным Малютина, основная статья эксплуатационных расходов связана не с электроэнергией, а с флокулянтом; в пересчете на час работы его доля составляет около 74 % для ленточного фильтр-пресса и около 88 % для центрифуги. Это согласуется с выводами Чанга о значимости химических реагентов как самостоятельного фактора технологического сравнения. В условиях роста цен на реагенты вопрос энергоэффективности необходимо рассматривать шире — как ресурсную эффективность системы «аппарат + реагентное хозяйство + возвратные воды» [5, с. 4; 4, с. 1081].

На основе совокупности рассмотренных данных может быть сформулирован следующий вывод. Центрифуга предпочтительна при жестких ограничениях по площади, высоких требованиях к автоматизации, наличии жиросодержащих осадков и необходимости получить максимально сухой кек в непрерывном режиме. Ленточный фильтр-пресс предпочтителен в ситуациях, когда определяющими критериями являются минимизация удельных энергетических и реагентных затрат, устойчивость к абразивным включениям и допустимость использования промывной воды. Камерно-мембранный фильтр-пресс следует рассматривать как рациональный вариант для объектов, где решающее значение имеет глубина обезвоживания перед сушкой, сжиганием или вывозом. Для шнековых прессов нормативная база признает допустимость применения, однако в открытой научной литературе недостаточно сопоставимых полноразмерных данных по промышленным осадкам для столь же уверенной количественной оценки, как для центрифуг и ленточных прессов; этот вывод является следствием анализа доступности данных, а не отрицанием технологического потенциала метода.

В контексте последующей утилизации это положение особенно важно. Быкова и соавт. показывают, что при обращении с обезвоженными осадками более ресурсосберегающими направлениями по сравнению с чисто термическими схемами являются технологии получения удобрений и почвогрунтов, поскольку они связаны с меньшими экономическими затратами и не сопровождаются образованием значительных вторичных отходов. Требуемая степень обезвоживания должна рассматриваться совместно с предполагаемым вариантом материального использования кека [1, с. 455].

Заключение

Выполненный пересчет данных показывает, что на сопоставимом примере ленточный фильтр-пресс обеспечивает более низкие удельные энергетические и интегральные эксплуатационные затраты, чем центрифуга, хотя центрифуга формирует несколько более сухой кек. Для промышленных осадков практический выбор должен выполняться только после учета их отраслевой специфики и, по возможности, пилотных испытаний. Для осадков с высоким содержанием песка и минеральной фазы рациональнее ориентироваться на прессовые методы; для жиросодержащих и пространственно ограниченных объектов — на центрифуги; для схем, где требуется максимальное сокращение массы кека перед сушкой или вывозом, целесообразно дополнительно рассматривать камерно-мембранные фильтр-прессы. Таким образом, энергетическая эффективность механического обезвоживания является не свойством отдельной машины, а результатом согласования свойств осадка, цели последующей утилизации и режима эксплуатации оборудования.

Литература

1. Быкова, М. В. Комплексная утилизация осадков городских сточных вод с получением техногенного почвогрунта / М. В. Быкова, Д. М. Малюхин, Д. О. Нагорнов, А. А. Дука // Записки Горного института. – 2024. – Т. 267. – С. 453–465.

2. ГОСТ Р 59748–2021. Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 27 с.

3. Исаева, А. М. Обработка и утилизация осадков сточных вод : учебное пособие / А. М. Исаева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пенза : ПГУАС, 2013. – 128 с.

4. ИТС 8–2022. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – Москва : Бюро НДТ, 2022. – 93 с.

5. Малютин, А. Ю. Сравнительный анализ эксплуатационных затрат при обезвоживании осадка ленточными фильтр-прессами и центрифугами [Электронный ресурс] / А. Ю. Малютин // Инженерные системы. – 2019. – Режим доступа: https://isguru.ru/wp-content/uploads/2019/10/статья-Малютина-на-верстку.pdf (дата обращения: 22.05.2026).

6. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения : актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85. – Москва : Минстрой России, 2018. – 137 с.

7. Филатов, С. Л. Механическое обезвоживание осадка транспортерно-моечной воды свеклосахарного производства ленточными фильтр-прессами / С. Л. Филатов, В. М. Думченков, С. М. Петров, Н. М. Подгорнова, Н. А. Басаргин // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 32–37.

8. Chang, H. Mini-review of inventory data for the dewatering and drying of sewage sludge / H. Chang, Y. Zhao, A. Xu, A. Damgaard, T. H. Christensen // Waste Management & Research. – 2023. – Vol. 41, no. 6. – P. 1081–1088.

9. U.S. EPA. Biosolids Technology Fact Sheet: Belt Filter Press. – Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2000. – 7 p.

10. U.S. EPA. Biosolids Technology Fact Sheet: Centrifuge Thickening and Dewatering. – Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2000. – 8 p.

Energy efficiency of different mechanical dewatering methods for industrial wastewater sludge

Tian Yiwen
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The study aims to compare the energy efficiency of the main mechanical dewatering methods for industrial wastewater sludge, taking into account sludge properties, technological constraints, and operating costs. The methodology combines a structured literature review with recalculation of published operating data into normalized indicators: electricity consumption per cubic meter of feed sludge and per ton of total dry solids, reagent consumption, cake moisture, and integrated operating cost. The results show that there is no universally energy-efficient option. Technology selection depends on mineral content, grease content, abrasive particles, target cake dryness, and wash-water availability. In the benchmark recalculated example, the belt filter press demonstrated lower specific energy and lower overall operating cost than the centrifuge, although the centrifuge produced a slightly drier cake.

Keywords: industrial wastewater sludge, mechanical dewatering, centrifuge, belt filter press, chamber-membrane filter press, energy efficiency, specific energy consumption, operating cost.

References

1. Bykova, M. V. Integrated Utilization of Municipal Sewage Sludge with the Production of Man-Made Soil / M. V. Bykova, D. M. Malyukhin, D. O. Nagornov, A. A. Duka // Zapiski Gornogo Instituta. - 2024. - Vol. 267. - Pp. 453-465.

2. GOST R 59748-2021. Technical Principles of Sewage Sludge Treatment. General Requirements. - Moscow: Standartinform, 2021. - 27 p.

3. Isaeva, A. M. Treatment and Utilization of Sewage Sludge: A Study Guide / A. M. Isaeva. - 2nd ed., revised and enlarged. - Penza: PSUAS, 2013. - 128 p.

4. ITS 8-2022. Wastewater Treatment during Production of Products (Goods), Performance of Work, and Provision of Services at Large Enterprises. – Moscow: NDT Bureau, 2022. – 93 p.

5. Malyutin, A. Yu. Comparative Analysis of Operating Costs for Sludge Dewatering with Belt Filter Presses and Centrifuges [Electronic Resource] / A. Yu. Malyutin // Engineering Systems. – 2019. – Access Mode: https://isguru.ru/wp-content/uploads/2019/10/статья-Малютина-на-верстку.pdf (Accessed: 22.05.2026).

6. SP 32.13330.2018. Sewerage. External Networks and Structures: Updated Version of SNiP 2.04.03–85. – Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2018. – 137 p.

7. Filatov, S. L. Mechanical dewatering of conveyor-washing sludge from sugar beet production using belt filter presses / S. L. Filatov, V. M. Dumchenkov, S. M. Petrov, N. M. Podgornova, N. A. Basargin // Sakhar. – 2020. – No. 1. – Pp. 32–37.

8. Chang, H. Mini-review of inventory data for the dewatering and drying of sewage sludge / H. Chang, Y. Zhao, A. Xu, A. Damgaard, T. H. Christensen // Waste Management & Research. – 2023. – Vol. 41, no. 6. – Pp. 1081–1088.

9. U.S. EPA. Biosolids Technology Fact Sheet: Belt Filter Press. – Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. – 7 p.

10. U.S. EPA. Biosolids Technology Fact Sheet: Centrifuge Thickening and Dewatering. – Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. – 8 p.

Определение параметров механизма подъёмника ножничного типа в роботах-уборщиках в гостиничном хозяйстве

Чернышев Алексей Дмитриевич
к.т.н., заведующий кафедрой МЭиАТ, Рязанский институт(филиал) Московского политехнического университета,

Метельский Геннадий Игоревич
инженер,

Филькин Вадим Владимирович
мастер производственного обучения, ФКП-ОУ № 74,

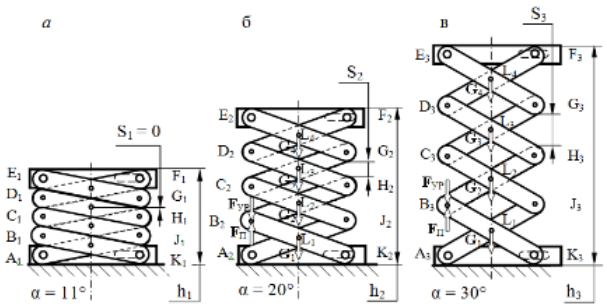
Капитонов Валентин Сергеевич
к.т.н., доцент, начальник кафедры БТВТ, ДВОКУ,

Щербинкина Ирина Николаевна
к.с-х.н., доцент, профессор кафедры, БТВТ, ДВОКУ

Статья посвящена вопросам проектирования ходовой части роботов-уборщиков, работающих в гостиницах преодолевающих пороги гостиничных номеров. При этом положение рамы робота-уборщика должно оставаться горизонтальным, т.к. на ней могут располагаться на внешней установке различные предметы, необходимые как для уборки помещений, так и для раскладки людям, проживающих в этих номерах.
Ключевые слова: Многоопорные роботы-уборщики, пороги гостиничных номеров, поочерёдное перешагивание, колёсные пары, подъёмник ножничного типа.

Обычно шарнирно-рычажныеподъёмные механизмы ножничного типа применяются в строительстве или на транспортно-складских комплексах, когда решается прямая задача, т.е. базовое звено располагается внизу, а груз на платформе поднимается вверх [2, 3, 6, 7, 9]. При этом исполнительный элемент перемещения может располагаться, где наиболее удобно (снизу, в центре или вверху). В транспортных средствах специального назначения таких как «Луноходы» или марсоходы типа Curiosityбазовое звено (рама) расположена в средине, к которой крепятся мотор-колёса на балансирах, что позволяет получить наибольшие перемещения. Роботы-уборщики в гостиничном хозяйстве также относятся к этому типу машин, но в отличие от них они преодолевают единичные препятствия (пороги), двигаясь практически по идеально гладкому, поднимаясь на нужный этаж в грузовых лифтах. Это позволяет избегать движения по лестничным маршам. Схема подъемника для подъема и опускания грузов показана на рис. 1 [1, 4,].

Особенностью данной схемы является то, что она реализуется при выведении её с мертвой точки за счет приложения движущей силы $\mathbf{F}_Д$в точке. При этом перемещение составляющих элементов ножничного подъёмника осуществляется за счёт возможности сведения элементов внизу по треугольникам $A_iL_iK_i$ и вверху по треугольникам$E_iL_iF_i$, которые обеспечивают жесткость конструкции

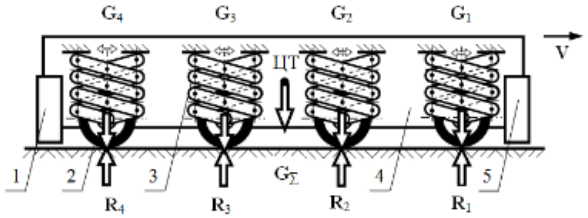


а – нулевое положение подъемника$S_1 = 0$; б – положение подъёмника приα = 20°; в – положение подъёмника при α = 30°; $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, G_1, H_1, J_1, A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, G_2, H_2, J_2, A_3, B_3, C_3, D_3, E_3, G_3, H_3, J_3$ – концевые цилиндрические шарниры; $F_1, K_1, F_2, K_2, F_3, K_3$ – перемещаемые концевые цилиндрические шарниры;L_1, L_2, L_3, L_4 – центральные цилиндрические шарниры; $\mathbf{F}_П$ –поднимающая сила; $\mathbf{F}_{УР}$ – уравновешивающая сила; $\mathbf{G}_1,\mathbf{G}_1,\mathbf{G}_1,\mathbf{G}_1$ – силы в центральных шарнирах
Рисунок 1 – Схема внешних сил механизма ножничного подъемника при подъёме с нулевой точки на заданный угол подействием силы $\mathbf{F}_П$.

В существующей технической литературе рассмотрены методики расчета шарнирно-рычажныхмеханизмов привода стационарных ножничных подъемников с односторонне изменяемымигеометрическими параметрами [2] и [3],в данной статье разработана методикадинамического анализа рамы робота-уборщика в движениипри подъеме его рамы над порогом для его перешагивания с поочередным подтягиванием опорных колёс.

В работах [1, 2, 3] рассмотрены структура и кинематика шарнирно-рычажных механизмов ножничных подъемников, когда они работают индивидуально. Задачей данной работы является разработкаметодики совокупного динамического силового расчета таких механизмовс анализом нагружениях звеньеви шарниров на стадии подъема и опускания.

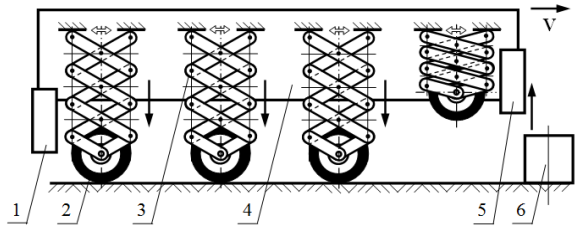
Схема внешних сил рассматриваемых механизмовробота-уборщика показана на рис. 2.



G_Σ – общий вес робота-уборщика; G_1, G_2, G_3, G_4 – веса от робота-уборщика приходящиеся на каждую пару колёс; R_1, R_2, R_3, R_4 – реак-

ции опор приходящиеся на каждую пару колёс; 1 – задний датчик порога; 2 – опорное колесо; 3 – «ножницы», выдвигающие опорное колесо; 4 –корпус робота-уборщика; 5 – передний датчик порога;
Рисунок 2 – Ходовая часть робота-уборщика при движении в опущенном состоянии

При контакте переднего датчика порога с препятствием (порогом) рис. 3, передний датчик, смещаясь назад, передаёт сигнал на систему управления о подъёме корпуса робота-уборщика.



1 – задний датчик порога; 2 –опорное колесо; 3 – «ножницы», выдвигающие опорное колесо; 4 –корпус робота-уборщика; 5– передний датчик порога;6 – порог.
Рисунок 3 – Ходовая часть робота-уборщика при выдвижении 2-й, 3-й и 4-й пар колёс для преодоления порога 1-й парой колёс, после подъёма корпуса

Более подробно суть механизма подъёма представлена на рисунке 1, на рисунках 2 и 3 перемещения элементов ножничного подъёмника в верхней части показаны условно знаком ⇔.

Основными внешними статическими нагрузкамивлияющими на перемещение ножничного подъёмника в вертикальном направлении являются силыопорных реакций$\mathbf{R}_i$ и силы от веса $\mathbf{G}_i$, приходящиесякаждую пару колёс:

$G_i = m_i \cdot g$, (1)

где m_i – масса робота уборщика, приходящаяся на одну пару колёс, причём эта масса зависит от расположения пары колёс от центра тяжести и положения поднятой пары, что может быть окончательно определено по результатам экспериментов;

$g = 9{,}81$ м /с^2 – ускорение свободного падения.

В точке B_1, где движение является поступательным, приложена подъёмная уравновешенная сила $\mathbf{F}_П = \mathbf{F}_{УР}$.

Динамический силовой расчет при изменении кинематических параметровна подъеме выполнен на основе кинетостатики придополнении i-ых звеньев проекциями векторовсил инерции в центрах масс L_i и моменты сил инерции $\mathbf{M}_{иi}$, где i= (1,2,3,...)[2, 4, 6, 9];

$$F_{иix} = -m_i \cdot a_{Lix},$$
$$F_{иiy} = -m_i \cdot a_{Liy}, \qquad (2)$$
$$M_{И1} = -J_{Li} \cdot \varepsilon_i,$$

где a_{Lix}, a_{Liy} - проекции линейных ускорений центров L_i;

J_{li} – осевые моменты инерции звеньев относительно центров масс L_i;

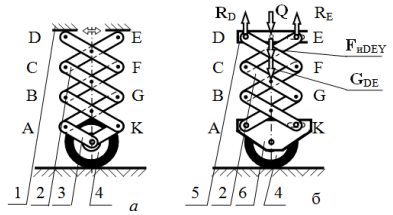
ε_i – угловые ускорения i-ых звеньев.

Учитывая,что силовой расчет механизмов проводится по статически определимым цепям,выполним приведение ножничного механизма подъёма робота-уборщика со свободным синхронным перемещением верхних звеньев (рис. 4*а*) к механизму ножничного подъёма по направляющим (рис. 4б).Расчёт по схеме (рис. 4б) начнём от последнего звена DE с шарниром D и высшей парой E (рис. 4б) с внешними силами **Q**, $\mathbf{G}_{DE}$, $\mathbf{F}_{иDEY}$. Принимая во внимание, что все точки L лежат строго по середине между концевымине перемещаемыми по горизонтали цилиндрическими шарнирами A, B, C и Diперемещаемымипо горизонтали концевыми цилиндрическими шарнирами E, F, Gи K реакции

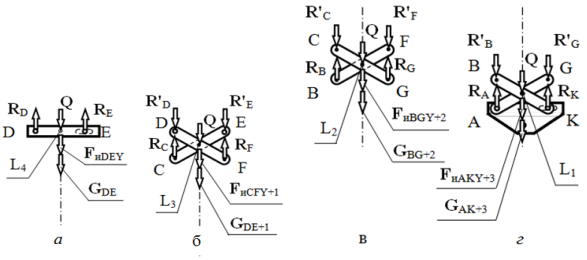
$$R_D = R_E \Rightarrow$$
$$R_D = 0{,}5\,(Q + G_{DE} + F_{иDE}), \qquad (3)$$
$$R_E = 0{,}5\,(Q + G_{DE} + F_{иDE}),$$

определим реакции R_D и R_Eиз этих уравнений статического равновесия.

Рассмотрим верхнюю структурную группу CE и DF, которая является базовой, и по аналогии с ней рассмотрим группы BFи GC, AG и KB. При этом следует учитывать, что к весу звена DE$\mathbf{G}_{DE}$ будут добавляться веса звеньев CEи DF, BF и GC, AG и KB, соответственно (рис. 5).



1 – механизм свободного перемещения; 2 – механизм ножничного подъёмника;
3 – завершение механизма свободного подъёма; 4 – опорное колесо; 5 – верхняя направляющая; 6 – завершение (нижняя направляющая).
Рисунок 4 – Схема приведениямеханизмов ножничных подъемников со свободным перемещением верхних звеньев и перемещением по направляющим



а – верхняя кинематическая группа; б – вторая кинематическая группа; в – третья кинематическая группа; г – нижняя замыкающая группа; L_1, L_2, L_3, L_4–центральныецилиндрические шарниры (условно центры тяжести кинематических групп).
Рисунок 5 – Разбивка механизма ножничного подъёмника на кинематические группы (индексы +1, +2, +3 означают весовые добавки от предыдущих групп)

Рассмотрим равновесие типовой части ножничного подъёмника, составив уравнения статического равновесия типовой группы условно состоящей из звеньев I иII (рис. 6), которое определится системой уравнений (4):

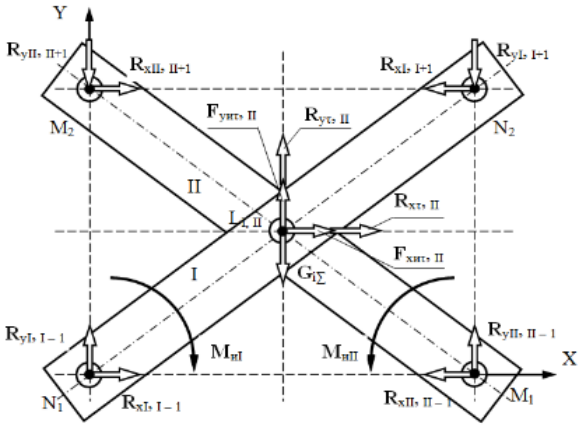


Рисунок6 – Схема проекций сил и реакцийтиповой части ножничного подъёмника

$$\begin{aligned}
&R_{xI,\ I-1} + R_{xII,\ II-1} + R_{xт,\ II} + F_{хит,\ II} + R_{xI,\ I+1} = 0;\\
&R_{yI,\ I-1} + R_{yII,\ II+1} + R_{yт,\ II} + G_{i\Sigma} + R_{yII,II+1} + R_{yI,I+1} = 0;\\
&R_{xI,\ I-1} + F_{хиI} + R_{xI,\ II} + R_{xI,\ I+1} = 0;\\
&R_{yI,\ II-1} + F_{уиI} + G_{i\Sigma} + R_{yI,\ II} + R_{yI,\ II+1} = 0;\\
&R_{xI,\ II-1} \cdot l_y + R_{yI,\ I-1} \cdot l_x + M_{иI} + R_{xI,\ I+1} \cdot l_y + R_{yI,\ I+1} \cdot l_x = 0;\\
&R_{xII,\ II-1} \cdot l_y + R_{yII,\ II-1} \cdot l_x + M_{иII} + R_{xII,\ II+1} \cdot l_y + R_{yII,\ II+1} \cdot l_x = 0.
\end{aligned} \qquad (4)$$

Следует обратить внимание, что данная система записана в векторной форме, поэтому при её аналитическом решении подставляя численные значения, следует учитывать знаки направления сил и моментов.

Полученная система шести уравнений с шестью неизвестными $R_{xI,\ I-1}$, $R_{yI,\ I-1}$, $R_{xII,\ II-1}$, $R_{yII,\ II-1}$, $F_{хиI}$, $F_{уиI}$ решается методом подстановок, выражая неизвестные из других уравнений, по результатам которых определяются полные реакции:

$$R_{I,\,I-1} = \sqrt{(R_{xI,\,I-1})^2 + (R_{yI,\,I-1})^2}\ ;$$

$$R_{II,\,II-1} = \sqrt{(R_{xI,\,II-1})^2 + (R_{yII,\,II-1})^2}\ ; \qquad (5)$$

$$R_{I,\,II} = \sqrt{(R_{xI,\,II-1})^2 + (R_{yII,\,I-1})^2}\ ;$$

Данные расчеты повторяются столько раз, сколько типовых групп содержит механизм подъёма ножничного типа робота-уборщика. При этом перемещение звеньев групп подъёмника может осуществлятьсяс помощью гидроцилиндра, зубчатой рейки, тросовой или цепной сдвижкой в верхней или нижней части механизма подъёма и т.д. В конце рассчитывается нижняя группа звеньев в нашем случае AG и BK (рис. 5),

Для приведенных формул по определению реакций был произведён силовой расчет, который определил реакции в шарнирах пятиступенчатого ножничного механизма подъёма корпуса робота-уборщика над порогом, конструкция которого показана на рис. 2 и 3. При общем весе поднимаемого груза $\mathbf{G}_1$ = 20 кгс = 200 Н, массе поднимаемого корпуса$\mathbf{G}_2$ = 20 кгс = 200 Н, распределяемых на три пары опорных колёс, времени подъема t= 3с и высоте подъема корпуса робота уборщика Н = 0,15 м получено, максимальное значение реакций составит:

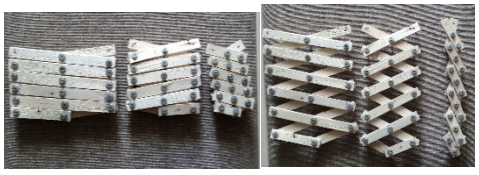
R_{max} = 2900 Н, при N_{max} = 1,3кВт,

соответственно, на одно колесо будут следующие значения

R_{max1} = 483Н, при N_{max1} = 0,217кВт,

Величины сил инерции в данном режиме работы механизма подъема робота-уборщика оказались небольшими, поэтому ими можно пренебречь, т.е. производить вычисления методом обычной статики.

Данные теоретические выкладки были проверены на модельном варианте механизма подъёма корпуса робота-уборщика. Причём для более точного исследования усилия в работе механизма подъёма ножничного типа была взята отдельная группа на подъём веса корпуса и груза приходящиеся на одно колесо. Образцы моделей приведены на рис. 7, а рабочая схема лабораторного нагружения приведена на рис. 8.



а б

Рисунок 7 – Образцы моделей ножничного подъёмника корпуса робота-уборщика на одно колесо в сжатом (а) и растянутом на 120 мм (б) виде.

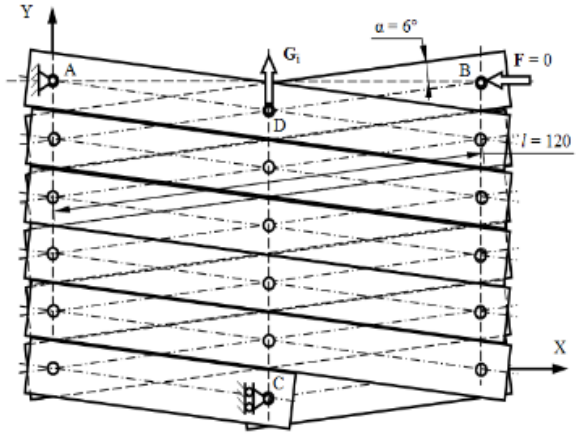


Рисунок 8 – Ножничный подъёмник корпуса робота-уборщика на одно колесо с параметрами α = 6°, l = 120 мм.

Принимая во внимание, что при преодолении порога, робот-уборщик опирается только на шесть колес, т.е. вместо опорных колёс k_n = 8 он имеет k_{n-2} = 6, т.е. G_i = 67 Н, что при α = 6°потребует усилие подъёма F = G/ctg α = = 67/ 0,105104 =637,5Н,т.е. сжимающее усилие ножничного подъёмника будет в начальный момент почти в 10 раз больше, чем поднимаемый груз, это связано с тем, что направление сжимающего усилия практически горизонтально. С целью уменьшения усилия сжатия были проведены опыты с изменением начального направления приложения сжимающего усилия за счёт уменьшения параметра *l* со 120 мм до 80 мм и 40 мм (рис. 9 и 10).

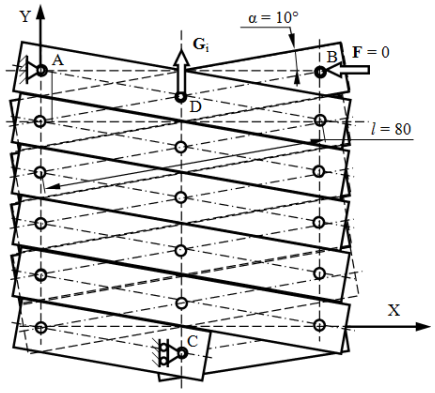


Рисунок 9 – Ножничный подъёмник корпуса робота-уборщика на одно колесо с параметрами α = 10°, l = 80 мм.

Проведя аналогичные исследования при α = 10°определим усилие подъёма F = G / ctg α = 67 / 0,176327 = 380 Н, т.е. сжимающее усилие ножничного подъёмника будет в начальный момент в 5,7 раз больше, чем поднимаемый груз.

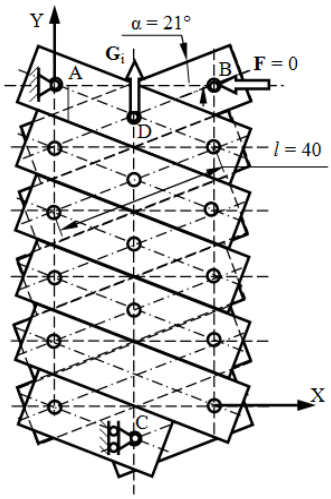


Рисунок 10 – Ножничный подъёмник корпуса робота-уборщика на одно колесо с параметрами α = 21°, l = 40мм.

Соответственно, при α = 21° потребуется усилие подъёма F = G/ctgα = = 67/ 0,383864=174Н, т.е. сжимающее усилие ножничного подъёмника будет в начальный момент больше только в 2,6 раза, чем поднимаемый груз.

По результатам измерений можно построить график сжимающих усилий ножничного подъёмника для единичного колеса робота-уборщика в зависимости от длины звена, показанный на рис. 11.

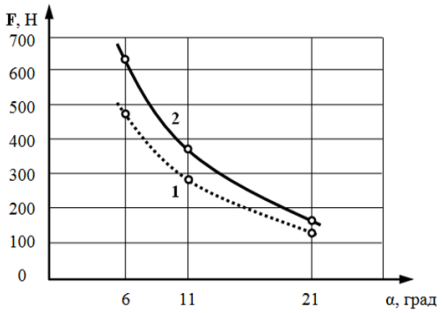


Рисунок 11 – Теоретические (1) и экспериментальные (2) значения сжимающей силы для начала подъёма одного колеса робота-уборщика подъёмником ножничного типа в зависимости от начального угла α.

Из графика следуют выводы исследования:

– при увеличении первоначального угла α (за счёт уменьшения длины звена подъёмника ножничного типа) снижается усилие начала

подъёма одного колеса робота-уборщика, но при этом уменьшается высота подъёма;

– расхождение теоретических расчётов и экспериментальных исследований вызвано тем, что в расчётах не учитывались силы трения в шарнирах между звеньями.

Литература

1. Астахов Э.И., Гарах В.А., Макаров А.Д. Динамический анализ движения поршня гидропривода ножничного подъемника // В сб. «Машиностроение», вып. 24, Минск: БНТУ, 2008, с. 34-37.
2. Астахов Э.И., Тарах В.А., Макаров А.Д. Моделирование динамики подъема площадки ножничного подъемника // Теоретическая и прикладная механика. Межведомственный сб. научн.-метод. раб. Вып. 24. БНТУ Минск: Технопринт, 2009, с.313-317.
3. Нуркушева С.А., Булатов Н.К., Аскаров Б.Ш., Қасымжанова А.Д., Любимов И.И.Анализ сил в математической модели ножничного подъемника – Астана, Казахстан, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»Труды университета – №1 (94), 2024 – С. 309 - 317.
4. Kassymzhanova A.D., Ibatov M.K., Balabayev O.T., Donenbaev B.S., Ilesaliev D.I. Experimental Study of Maximum Stresses in the Stationary Hoist Design in the Ansys Software Environment: Communications – Scientific Letters of the University of Zilina 2022, 24 (4) p. DOI: 10.26552/com.C.2022.4.B310-B318.
5. Tian, H.Y.; Zhang, Z.Y. Design and Simulation Based on Pro/E for a Hydraulic Lift Platform in Scissors Type. International Workshop on Automobile, Power and Energy Engineering, 2011, Wuhan, PEOPLES R CHINA. Elsevier Science Bv, Apr 15-17.
6. Zhang, W.; Wang, X.X.; Wang, L.W. Strength Optimization Design of Box-shape Arms of a Scissor Lift Mechanism with Single Hydraulic Cylinder. Functional Manufacturing and Mechanical Dynamics Ii, v. 141, pp. 513-+, 2012.ISSN 1660-9336.
7. Stawinski L., A new approach for control the velocity of the hydrostatic system for scissor lift with fixed displacement pump. Archives of Civil and Mechanical Engineering, v. 19, no. 4, pp. 1104-1115, Aug 2019. ISSN 1644-9665.
8. Zhang, L.D.; Li, Y.S., Synchronous Control of Double Hydraulic Cylinders of Scissors Aerial Work Platform Based on Fuzzy PID. 5th International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT), 2020, ElectrNetwork.Ieee Computer Soc, May 15-17. Pp. 349-354.
9. Zhang, W.; Zhang, X.F.; Yan, C. Unified Modeling for Input Forces and Input Vectors for Two Scissor Lifting Mechanisms. In: WANG, T.;GUO, H., et al (Ed.). Contemporary Design and Manufacturing Technology. Stafa-Zurich: Trans Tech Publications Ltd, v. 819, 2013. Pp. 362-367. (Advanced Materials Research).ISBN 978-3-03785-873-8.

Determining the parameters of a scissor lift mechanism in robotic cleaning machines in the hotel industry

Chernyshev A.D., Metelsky G.I., Filkin V.V., Kapitonov V.S., Shcherbinkina I.N.

Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Federal State Budgetary Educational Institution No. 74, Far Eastern Higher Educational Institution

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article addresses the design of the undercarriage of hotel cleaning robots that navigate the thresholds of hotel rooms. The robot's frame must remain horizontal, as it may be used for external installations to store various items needed both for cleaning the rooms and for delivering them to the occupants.

Keywords: Multi-support cleaning robots, hotel room thresholds, alternating stepping, wheel pairs, scissor lift.

References

1. Astakhov E.I., Garakh V.A., Makarov A.D. Dynamic Analysis of Scissor Lift Hydraulic Drive Piston Motion // In the collection "Mechanical Engineering", issue 24, Minsk: BNTU, 2008, pp. 34-37.
2. Astakhov E.I., Tarakh V.A., Makarov A.D. Modeling the Dynamics of Scissor Lift Platform Lift // Theoretical and Applied Mechanics. Interdepartmental Collection of Scientific and Methodological Works. Issue 24. BNTU Minsk: TekhnoPrint, 2009, pp. 313-317.
3. Nurkusheva S.A., Bulatov N.K., Askarov B.Sh., Kasymzhanova A.D., Lyubimov I.I. Analysis of forces in a mathematical model of a scissor lift – Astana, Kazakhstan, NAO “Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin” University Proceedings – No. 1 (94), 2024 – Pp. 309-317.
4. Kassymzhanova A.D., Ibatov M.K., Balabayev O.T., Donenbaev B.S., Ilesaliev D.I. Experimental Study of Maximum Stresses in the Stationary Hoist Design in the Ansys Software Environment: Communications – Scientific Letters of the University of Zilina 2022, 24 (4) p. DOI: 10.26552/com.C.2022.4.B310-B318.
5. Tian, H.Y.; Zhang, Z.Y. Design and Simulation Based on Pro/E for a Hydraulic Lift Platform in Scissors Type. International Workshop on Automotive, Power and Energy Engineering, 2011, Wuhan, PEOPLES R CHINA. Else-vier Science Bv, Apr 15-17.
6. Zhang, W.; Wang, X. X.; Wang, L.W. Strength Optimization Design of Box-shape Arms of a Scissor Lift Mechanism with Single Hydraulic Cylinder. Functional Manufacturing and Mechanical Dynamics Ii, v. 141, pp. 513-+, 2012.ISSN 1660-9336.
7. Stawinski L., A new approach for controlling the velocity of the hydrostatic system for scissor lift with fixed displacement pump. Archives of Civil and Mechanical Engineering, v. 19, no. 4, pp. 1104-1115, Aug 2019. ISSN 1644-9665.
8. Zhang, L.D.; Li, Y.S., Synchronous Control of Double Hydraulic Cylinders of Scissors Aerial Work Platform Based on Fuzzy PID. 5th International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT), 2020, ElectrNetwork.Ieee Computer Soc, May 15-17. pp. 349-354.
9. Zhang, W.; Zhang, X.F.; Yan, C. Unified Modeling for Input Forces and Input Vectors for Two Scissor Lifting Mechanisms. In: WANG, T.;GUO, H., et al (Ed.). Contemporary Design and Manufacturing Technology. Stafa-Zurich: Trans Tech Publications Ltd, v. 819, 2013. Pp. 362-367. (Advanced Materials Research). ISBN 978-3-03785-873-8.

Применение методов интеллектуального анализа данных для оптимизации работы информационных систем

Шевняков Сергей Владимирович
студент, кафедра Прикладной информатики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Sergey-Shewnyakow@yandex.ru,

Панков Кирилл Александрович
студент, кафедра информационной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, thepiroo@gmail.com,

Афанасьев Александр Викторович
студент, кафедра информационной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, afanasiev.04@yandex.ru,

Малеев Владислав Андреевич
студент, кафедра информационной безопасности, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, maleevapple@gmail.com

Работа информационной системы ограничивается несоответствием статически заданных настроек обработки (индексирования, кэширования, маршрутизации запросов, планирования выполнения) фактической, неоднородной по ресурсоёмкости структуре поступающей нагрузки, вследствие чего часть вычислительного ресурса расходуется на запросы с неоптимальным планом выполнения. Цель состоит в количественной оценке того, как методы интеллектуального анализа, применённые к операционному журналу системы, изменяют её ключевые показатели и в какой части потока сосредоточен эффект. Построена авторская расчётная модель информационной системы с реляционным хранилищем; операционный журнал обработан сегментацией методом k-средних, классификацией запросов по стратегии обработки с помощью дерева решений и поиском ассоциативных правил, после чего сопоставлены базовая и настроенная конфигурации. Среднее время отклика снизилось на 42,1%, хвостовая задержка по 95-му перцентилю – на 40,0% при приросте коэффициента попаданий в кэш на 0,142; основной выигрыш сосредоточен на двух ресурсоёмких кластерах, составляющих около трети потока и порядка трёх четвертей суммарного времени ожидания. Снижение задержки сопровождается встречным повышением загрузки процессора, а добавление сегментов сверх выбранной размерности увеличивает выигрыш менее чем на два процента. Сжатие распределения времени отклика преимущественно за счёт переноса ресурсоёмких запросов из правого хвоста показывает, что интеллектуальный анализ операционного журнала действует как перенастройка уже применяемых механизмов обработки, а достижимый эффект исчерпывается на ограниченной размерности сегментации нагрузки.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, информационная система, оптимизация работы, кластеризация запросов, дерево решений, ассоциативные правила, время отклика, кэширование.

Введение

Производительность информационной системы определяется не только аппаратной конфигурацией и схемой хранилища, но и тем, насколько настройки обработки соответствуют фактической структуре поступающей нагрузки. Решения об индексировании, кэшировании и маршрутизации запросов в типовой эксплуатации задаются статическими эвристиками, откалиброванными под усреднённый профиль обращения, тогда как реальный поток запросов неоднороден по ресурсоёмкости и смещается во времени. Л. С. Звягин [5], рассматривая оптимизацию работы информационных систем через вероятностные модели обслуживания, отмечает расхождение между проектным и наблюдаемым распределением времени отклика; близкое расхождение фиксируют А. В. Яцкина и О. В. Новоселова [12] при анализе способов сокращения времени обработки запросов. Несоответствие настроек и нагрузки приводит к тому, что часть вычислительного ресурса расходуется на обслуживание запросов, для которых выбранный план обработки неоптимален.

Методы интеллектуального анализа данных рассматриваются в литературе преимущественно как инструмент извлечения закономерностей из прикладных данных предметной области, тогда как служебные данные самой системы остаются вне рассмотрения. К. Б. Шабанов и В. В. Алексеев [2] применяют такие методы к управлению ресурсами информационной медиасистемы, однако объектом анализа у них выступают содержательные показатели, а не журналы обращений. С. В. Шайтура и В. А. Герасимов [3] систематизируют процедуры проведения интеллектуального анализа, оставляя вопрос о его приложении к самонастройке информационной системы за пределами рассмотрения. Разрыв между двумя трактовками – анализом данных предметной области и анализом операционных журналов – в специализированной литературе обозначен слабо, и единая постановка задачи отсутствует.

Противоречие проявляется при сопоставлении проектной и наблюдаемой эффективности. Настройки, оптимальные для усреднённого профиля, дают предсказуемый выигрыш на массовых однотипных обращениях, но слабо влияют на «хвост» распределения – сравнительно немногочисленные ресурсоёмкие запросы, которые и формируют основную долю суммарного времени ожидания. Перенос усилий по оптимизации с массовой части потока на его ресурсоёмкую периферию требует предварительного разделения потока на однородные сегменты, тогда как статические эвристики такого разделения не выполняют.

Постановка вопроса в работе сводится к тому, способно ли применение методов интеллектуального анализа к операционным журналам информационной системы изменить ключевые показатели её работы (среднее и хвостовое время отклика, коэффициент попаданий в кэш, загрузку процессора) и в какой части потока сосредоточен достигаемый эффект. Отсутствие в литературе сопоставимых количественных оценок, привязанных к единой расчётной схеме, оставляет вопрос открытым и определяет содержание последующего анализа.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено методом авторского расчётного моделирования. Построена модель информационной системы с реляционным хранилищем под управлением СУБД, обслуживающей синтетический поток запросов, сформированный за период 2023–2026 гг.; параметры потока заданы как непротиворечивый расчётный пример и помечаются как модельные. Терминология больших данных и интеллектуального анализа принята по ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021, структурное описание системы – по эталонной архитектуре больших данных, введённой ГОСТ Р ИСО/МЭК 20547-3-2024 (приказ Росстандарта от 28 октября 2024 г. № 1541-ст). Журнал обращений обрабатывается последовательно: сегментацией методом k-средних с последующей классификацией запросов по стратегии обработки посредством дерева решений; дополнительно по алгоритму Apriori выделяются ассоциативные правила совместной встречаемости объектов, используемые для упреждающего кэширования.

Алгоритмическая основа процедур опирается на установленные в литературе схемы. Реализация дерева решений следует разбору алгоритма, выполненному Э. В. Кулиевым, В. А. Семеновым, А. В. Котельвой и С. В. Игнатьевой [6]; способы извлечения закономерностей средствами СУБД приняты по работе Р. К. Наумова, М. С. Самылкина и М. В. Копейкина [8]. Настройка хранилища и планов выполнения соотнесена с обзором методов оптимизации базы данных в СУБД PostgreSQL

[9]. Обработка неполных и зашумлённых записей журнала, неизбежных при формировании признакового описания, выполнена по подходу С. М. Гусаковой [15]; пропуски в оценках селективности восстанавливаются медианным замещением внутри кластера, что вносит расхождение порядка 0,02 в долевые оценки и далее учитывается при интерпретации.

Результаты и обсуждение

Раздел открывается систематизацией подходов к интеллектуальному анализу служебных данных информационной системы. В. С. Стрельников и В. А. Бондарев [1] выделяют несколько групп методов, применимых к журналам обращений: сегментацию запросов по признакам плана выполнения, классификацию запросов по целевой стратегии обработки, поиск ассоциативных зависимостей между совместно запрашиваемыми объектами и оценку аномальности отдельных обращений. Приложение этих групп к корпоративным системам рассмотрено А. И. Бачуриным с соавторами [7], где принципы интеллектуального анализа привязаны к контуру принятия решений об индексировании; в более поздней работе того же коллектива [11] предложена расчётная схема, связывающая частоту обращения к объекту с ожидаемым выигрышем от его кэширования. Обе линии, однако, ограничиваются качественным описанием и не доводят оценку до сопоставимых числовых показателей.

Оптимизация хранилища как самостоятельное направление развивается параллельно. А. С. Гунько и А. Г. Мусихин [4] показывают, что при обработке больших объёмов перестройка архитектуры базы данных даёт нелинейный выигрыш, зависящий от структуры запросной нагрузки; близкие наблюдения для распределённой пакетной обработки приводят К. И. Ечиков и А. П. Жмакин [13]. Производительность автоматизированных систем обработки информации в работе А. Н. Скитяевой и В. Ю. Арькова [10] оценивается по сопоставлению пропускной способности и времени отклика, причём авторы фиксируют насыщение выигрыша при дальнейшем усложнении настройки. Опыт применения интеллектуального анализа больших данных в информационной системе управления вузом [14] подтверждает концентрацию эффекта на ограниченном подмножестве ресурсоёмких операций. Это смещает задачу оптимизации с равномерного ускорения всего потока на адресную настройку его наиболее затратной части.

Сводя обозначенные подходы к единой постановке, в работе операционный журнал модельной информационной системы обрабатывается тремя процедурами интеллектуального анализа, после чего сравниваются показатели системы в базовой и настроенной конфигурациях. Параметры модельного объекта и используемых процедур сведены в таблице 1 (табл. 1).

Параметр	Значение
Объём журнала запросов, ед.	1 284 600
Период формирования журнала	2023–2026 гг.
Число признаков описания запроса	7
Число кластеров (метод k-средних)	5
Силуэтный коэффициент сегментации	0,57
Точность классификатора стратегий (дерево решений), доля	0,883
Порог поддержки ассоциативных правил	0,015
Доверие ведущего правила / прирост (lift)	0,72 / 3,4

Источник: составлено автором.

Признаковое описание запроса включает оценку числа соединений, прогнозное количество просматриваемых строк, селективность предиката, ширину проекции, признак обращения к полнотекстовому индексу и две временные характеристики – час суток и день недели. Сегментация выполнена методом k-средних; число кластеров принято равным пяти по совместному критерию «локтя» и силуэта, при котором силуэтный коэффициент достигает 0,57 и далее с ростом числа кластеров практически не увеличивается. Структура полученного разбиения приведена в таблице 2 (табл. 2).

Кластер	Доля в потоке, %	Время отклика, базовая конфигурация, мс	Время отклика, настроенная конфигурация, мс
С1. Короткие точечные выборки	41,3	12,4 ± 0,2	9,8 ± 0,2
С2. Аналитические агрегации	18,7	233 ± 4	121 ± 3
С3. Многотабличные соединения	14,2	187 ± 3	96 ± 2
С4. Полнотекстовый поиск	9,6	142 ± 3	88 ± 2
С5. Фоновые и служебные операции	16,2	47 ± 1	44 ± 1

Источник: расчёты автора.

Распределение нагрузки между кластерами оказалось существенно неравномерным по вкладу в суммарное время ожидания. На короткие точечные выборки (С1) приходится свыше 41% обращений, однако их доля в совокупном времени отклика не превышает 6%, тогда как аналитические агрегации и многотабличные соединения (С2 и С3), составляя около трети потока, формируют порядка 73% суммарного времени. Перенастройка планов обработки для этих двух кластеров и обеспечила основной выигрыш: время отклика С2 сократилось с 233 до 121 мс, С3 – с 187 до 96 мс, что соответствует снижению на 48,1% и 48,7% соответственно. На массовом кластере С1 сокращение составило лишь 21,0%, а на фоновых операциях С5 эффект статистически неотличим от нуля. Интегральные показатели системы в обеих конфигурациях сведены в таблице 3 (табл. 3).

Показатель	Базовая конфигурация	Настроенная конфигурация	Изменение
Среднее время отклика, мс	96,5 ± 0,5	55,9 ± 0,4	−42,1%
95-й перцентиль времени отклика, мс	412 ± 6	247 ± 5	−40,0%
Коэффициент попаданий в кэш	0,612 ± 0,004	0,754 ± 0,003	+0,142
Средняя загрузка процессора	0,68 ± 0,01	0,71 ± 0,01	+0,03
Доля запросов свыше 200 мс, %	9,4	5,1	−4,3 п. п.

Источник: расчёты автора.

Интегральные показатели подтверждают концентрацию эффекта на ресурсоёмкой части потока. Среднее время отклика снизилось с 96,5 до 55,9 мс, на 42,1%, а 95-й перцентиль – с 412 до 247 мс, на 40,0%; близость этих величин указывает, что сокращение достигается за счёт переноса запросов из правого хвоста распределения, а не равномерного ускорения всех обращений. Классификатор стратегий обработки, построенный как дерево решений, относит запрос к одному из планов выполнения с точностью 0,883 на отложенной выборке, причём основная доля ошибок приходится на границу между кластерами С3 и С4, где признаковые описания частично пересекаются.

Прирост коэффициента попаданий в кэш на 0,142 сопровождался встречным эффектом – повышением средней загрузки процессора с 0,68 до 0,71. Рост вычислительной нагрузки при снижении времени отклика, по всей видимости, обусловлен дополнительными издержками на упреждающую подкачку и поддержание расширенного набора индексов; полного объяснения в рамках принятой расчётной схемы этот эффект не получает и связан, вероятно, с раздельной динамикой фоновой и пользовательской составляющих нагрузки.

Ассоциативные правила, выделенные по совместной встречаемости объектов в обращениях (порог поддержки 0,015, доверие ведущего правила 0,72 при приросте 3,4), использованы для упреждающего наполнения кэша. Их вклад в общий выигрыш умеренный и проявляется преимущественно на кластере полнотекстового поиска С4, где сокращение времени отклика с 142 до 88 мс лишь частично объясняется перестройкой плана и в оставшейся части относится к подкачке сопутствующих объектов. Предельный характер выигрыша обнаруживается при варьировании числа кластеров: увеличение числа сегментов с пяти до восьми добавляет менее 2% к суммарному сокращению времени отклика при росте вычислительных затрат на сегментацию, что указывает на насыщение эффекта вблизи выбранной размерности разбиения.

Полученная картина складывается в пользу трактовки интеллектуального анализа как настройки уже существующих механизмов обработки; обособленной подсистемы информационной системы при этом не образуется. Сегментация потока, классификация запросов по стратегиям и поиск ассоциативных зависимостей перенастраивают индексирование, маршрутизацию и кэширование – функции, которые информационная система выполняет и в базовой конфигурации. Прирост эффективности достигается перераспределением вычислительного ресурса в пользу ресурсоёмкого меньшинства запросов, а массовая часть потока, уже близкая к предельной скорости обслуживания, остаётся почти без изменений.

Соотнесение результата с обозначенным во введении расхождением между анализом данных предметной области и анализом операционных журналов выводит на первый план второе направление как самостоятельный контур оптимизации. Количественная привязка эффекта к структуре нагрузки – сосредоточение порядка трёх четвертей выигрыша на двух кластерах из пяти – даёт основание рассматривать сегментацию операционного журнала первичной процедурой, предшествующей выбору конкретного механизма ускорения.

Заключение

При применении методов интеллектуального анализа к операционным журналам модельной информационной системы её показатели изменяются неравномерно по структуре нагрузки. Снижение среднего времени отклика более чем на сорок процентов и сокращение хвостовой задержки до 247 мс достигаются за счёт перенастройки планов обработки двух ресурсоёмких кластеров, на которые приходится около трети обращений и порядка трёх четвертей суммарного времени ожидания. Массовые короткие выборки, формирующие свыше сорока процентов потока, ускоряются незначительно, поскольку их обслуживание и в исходной конфигурации близко к предельному.

Интеллектуальный анализ в рассмотренной постановке не образует отдельной надстроечной подсистемы; он перенастраивает индексирование, маршрутизацию и кэширование, которыми информационная система располагает изначально. Распознавание ресурсоёмкого сегмента нагрузки достигается сегментацией журнала обращений и не требует дополнительного функционального слоя.

По совокупности расчётов предел достижимого выигрыша задаётся двумя встречными эффектами. Прирост коэффициента попаданий в кэш на 0,142 сопровождается повышением загрузки процессора, а добавление кластеров сверх пяти увеличивает суммарное сокращение времени отклика менее чем на два процента. Очерченная рабочая размерность сегментации показывает, что эффект интеллектуального анализа операционного журнала исчерпывается перенастройкой уже применяемых механизмов обработки при силуэтном коэффициенте разбиения 0,57.

Литература

1. Стрельников В. С., Бондарев В. А. Методы интеллектуального анализа данных для информационных систем // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 110-18. С. 32–35.
2. Шабанов К. Б., Алексеев В. В. Применение методов интеллектуального анализа данных для повышения качества принятия решений при управлении ресурсами информационной медиасистемы // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2021. Т. 27, № 1. С. 14–19.
3. Шайтура С. В., Герасимов В. А. Методы проведения интеллектуального анализа данных // Славянский форум. 2022. № 4 (38). С. 421–429.
4. Гунько А. С., Мусихин А. Г. Оптимизация архитектуры баз данных информационных систем при обработке больших объемов информации // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2024. Т. 9, № 7 (45). С. 63–67.
5. Звягин Л. С. Анализ и оптимизация работы информационных систем с применением вероятностных методов // Мягкие измерения и вычисления. 2023. Т. 73, № 12-1. С. 36–48.
6. Кулиев Э. В., Семенов В. А., Котельва А. В., Игнатьева С. В. Аналитический обзор алгоритма дерева решений в технологии интеллектуального анализа данных // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022. № 2 (226). С. 165–179.
7. Бачурин А. И., Мельников А. В., Распопов А. А., Шкубулиани Д. Т. Особенности применения принципов интеллектуального анализа данных в корпоративных информационных системах // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 4 (62). С. 39–44.
8. Наумов Р. К., Самылкин М. С., Копейкин М. В. Способы интеллектуального анализа данных средствами СУБД // Научный результат. Информационные технологии. 2021. Т. 6, № 2. С. 32–40.
9. Сафин П. Р., Вершинин Е. В. Обзор методов оптимизации базы данных в СУБД PostgreSQL // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2023. № 3 (43). С. 17–22.
10. Скитяева А. Н., Арьков В. Ю. Анализ производительности автоматизированных систем обработки информации // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 5 (14). С. 16–24.
11. Бачурин А. И., Мельников А. В., Распопов А. А., Гниломедов Е. В., Шкубулиани Д. Т. О моделировании интеллектуального анализа данных в корпоративных информационных системах // Информационные ресурсы России. 2022. № 1 (185). С. 11–15.
12. Яцкина А. В., Новоселова О. В. Анализ способов повышения эффективности информационных систем за счет уменьшения времени обработки запросов // Техническое творчество молодежи. 2025. № 6 (154). С. 48–50.
13. Ечиков К. И., Жмакин А. П. Анализ интеллектуальных методов оптимизации в системах распределенной пакетной обработки // Auditorium. 2025. № 3 (47). С. 28–33.
14. Мойченко А. Б. Разработка интегрированных платформ на основе больших данных для автоматизации мониторинга и диагностики оборудования в нефтегазовой отрасли // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4, № 2. С. 133–144.
15. Гусакова С. М. Некоторые аспекты работы с неполной информацией в интеллектуальных системах анализа данных // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2025. № 6. С. 1–6.

Application of data mining methods for optimizing the operation of information systems

Shevnyakov S.V., Pankov K.A., Afanasyev A.V., Maleev V.A.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The operation of an information system is constrained by the mismatch between statically configured processing settings (indexing, caching, query routing, execution planning) and the actual workload, which is heterogeneous in resource intensity; as a result, part of the computational resource is spent on queries with a suboptimal execution plan. The study aims to quantify how data mining methods applied to the operational log of the system change its key indicators and in which part of the stream the effect concentrates. An author's computational model of an information system with a relational store was constructed; the operational log was processed by k-means segmentation, by classification of queries into processing strategies via a decision tree, and by association rule mining, after which the baseline and tuned configurations were compared. The mean response time decreased by 42.1% and the tail latency at the 95th percentile by 40.0%, with the cache hit ratio rising by 0.142; the main gain concentrates on two resource-intensive clusters that account for about one third of the stream and roughly three quarters of the total waiting time. The latency reduction is accompanied by a counter-directed rise in processor load, while adding segments beyond the selected dimensionality increases the gain by less than two per cent. The compression of the response-time distribution, achieved mainly by moving resource-intensive queries out of the right tail, shows that data mining of the operational log acts as a reconfiguration of already employed processing mechanisms, and that the attainable effect is exhausted at a limited dimensionality of workload segmentation.

Keywords: data mining, information system, performance optimization, query clustering, decision tree, association rules, response time, caching.

References

1. Strelnikov V. S., Bondarev V. A. Methods of Data Mining for Information Systems // Trends in Science and Education. 2024. No. 110-18. Pp. 32–35.
2. Shabanov K. B., Alekseev V. V. Application of Data Mining Methods to Improve Decision-Making in Resource Management of an Information Media System // Bulletin of Tambov State Technical University. 2021. Vol. 27, No. 1. Pp. 14–19.
3. Shaitura S. V., Gerasimov V. A. Methods of Performing Data Mining // Slavic Forum. 2022. No. 4 (38). Pp. 421–429.
4. Gunko A. S., Musikhin A. G. Optimization of the Architecture of Information Systems Databases in Processing Large Amounts of Information // International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency. 2024. Vol. 9, No. 7 (45), pp. 63–67.
5. Zvyagin, L. S. Analysis and Optimization of Information Systems Using Probabilistic Methods. Soft Measurements and Computing. 2023. Vol. 73, No. 12-1. Pp. 36–48.
6. Kuliev E. V., Semenov V. A., Kotelva A. V., Ignatieva S. V. Analytical Review of the Decision Tree Algorithm in Data Mining Technology // Izvestiya SFU. Technical Sciences. 2022. No. 2 (226). Pp. 165–179.
7. Bachurin A. I., Melnikov A. V., Raspopov A. A., Shkubuliani D. T. Features of Applying the Principles of Data Mining in Corporate Information Systems // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2021. No. 4 (62). Pp. 39–44.
8. Naumov R. K., Samylkin M. S., Kopeikin M. V. Methods of Data Mining by Means of DBMS // Scientific Result. Information Technologies. 2021. Vol. 6, No. 2. Pp. 32–40.
9. Safin P. R., Vershinin E. V. Overview of Database Optimization Methods in PostgreSQL DBMS // Electronic Journal: Science, Technology, and Education. 2023. No. 3 (43). Pp. 17–22.
10. Skityaeva A. N., Arykov V. Yu. Analysis of the Performance of Automated Information Processing Systems // System Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, No. 5 (14), pp. 16–24.
11. Bachurin A. I., Melnikov A. V., Raspopov A. A., Gnilomedov E. V., Shkubuliani D. T. On Modeling Data Mining in Corporate Information Systems // Information Resources of Russia. 2022. No. 1 (185). Pp. 11–15.
12. Yatskina A. V., Novoselova O. V. Analysis of Methods for Improving the Efficiency of Information Systems by Reducing Query Processing Time // Technical Creativity of Young People. 2025. No. 6 (154). Pp. 48–50.
13. Echikov K. I., Zhmakin A. P. Analysis of Intelligent Optimization Methods in Distributed Batch Processing Systems // Auditorium. 2025. No. 3 (47). Pp. 28–33.
14. Moichenko A. B. Development of Integrated Platforms Based on Big Data for Automation of Monitoring and Diagnostics of Equipment in the Oil and Gas Industry // Environmental Management Issues. 2025. Vol. 4, No. 2, pp. 133–144.
15. Gusakova S. M. Some Aspects of Working with Incomplete Information in Intelligent Data Analysis Systems // Scientific and Technical Information. Series 2: Information Processes and Systems. 2025. No. 6, pp. 1–6.

Комплексный подход к обеспечению безаварийной эксплуатации металлических ферм покрытия на основе обследования и автоматизированного мониторинга

Шувалов Александр Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Испытания сооружений», МГСУ, Ashuvalov@mgsu.ru,

Патеев Даниял Ринадович
магистрант, кафедра «Испытания сооружений», МГСУ, daniyalcat@gmail.com,

Зарецкий Егор Андреевич
магистрант, кафедра «Испытания сооружений», МГСУ, egoryshkazar@bk.ru,

Морозов Артем Витальевич
магистрант, кафедра «Испытания сооружений», МГСУ, mrmegusto@yandex.ru

В статье рассмотрен комплексный подход к обеспечению безаварийной эксплуатации металлических ферм покрытия промышленных зданий. На основе результатов натурного обследования конструкций, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), разработаны мероприятия по продлению остаточного ресурса. Обоснована достоверность результатов аэрофотограмметрической съёмки и фотограмметрического моделирования применительно к оценке технического состояния несущих конструкций. Показано, что применение BIM-технологий совместно с системами непрерывного мониторинга и данными БПЛА-съёмки существенно повышает достоверность прогноза остаточного ресурса и эффективность принятия управленческих решений по техническому обслуживанию несущих конструкций.
Ключевые слова: металлические фермы, остаточный ресурс, обследование конструкций, БПЛА, аэрофотограмметрия, автоматизированный мониторинг, информационная модель, BIM, техническое состояние, безаварийная эксплуатация.

1. Введение

Производственные здания с металлическим каркасом составляют значительную долю промышленного фонда Российской Федерации. Часть из них возведена в период 1950–1980-х годов по типовым сериям, расчётный ресурс которых давно исчерпан а металлургическая отрасль, располагает обширным парком таких зданий [1; 2; 3].

Актуальность приобретает интеграция данных СМТС в информационные модели зданий (BIM - Building Information Modeling). Такой подход позволяет создавать «цифровые двойники» несущих конструкций, поддерживающие актуальное состояние модели в режиме реального времени и обеспечивающие принятие обоснованных решений по техническому обслуживанию и ремонту [4; 5].

2. Методология исследования

2.1. Объект исследования и программа обследования

Объектом исследования являются металлические стропильные фермы покрытия механосборочного цеха. Сооружение цеха представляет собой четырех-пролетное промышленное здание, оборудованное мостовыми кранами различной грузоподъемности. Основное технологическое оборудование располагается в пролетах «А-Б» и «Б-В», в этих же пролетах мостовые краны расположены по двухъярусной схеме. По длине здание разбито на два температурных блока, деформационный шов организован по оси «24».

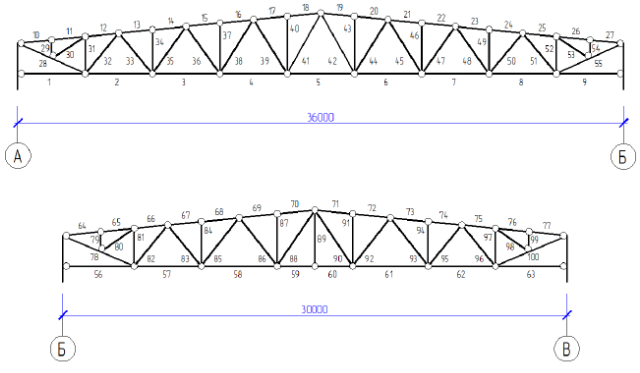
Обследуемая часть здания располагаются в пролетах «А-Б» и «Б-В», размеры пролетов 36,0 и 30,0 м, соответственно. Конструктивная схема здания в осях «А-В» - стальной каркас, выполненный в виде двухпролетной рамы, с неразрезным решетчатым ригелем. Шаг колонн по оси «А» и стропильных ферм в осях «1-48» составляет 6,0 м. Высота стропильных ферм на опоре 1,8 м, высота в коньке 3,6 и 3,3 м в пролете «А-Б» и «Б-В», соответственно.

2.2. Классификация выявленных дефектов

В ходе визуального и инструментального обследования, были выявлены многочисленные дефекты: механические повреждения, отсутствие болтов в узлах, вырезы в полках уголков. Зафиксированные стрелы искривления 20-40 мм при расчётных длинах стоек 272-320 см представляют собой эксцентриситеты нагружения, принципиально меняющие расчётную схему: стержень, работавший как центрально-сжатый, переходит в режим внецентренного сжатия с соответствующим снижением несущей способности. Покрытие здания выполнено в виде стропильных металлических ферм из стали класса С235. По результатам испытания образцов отобранных из металлических ферм установлено, что σ=245 Мпа, σв=370 МПА, δ=38%

2.3 Оценка несущей способности стропильных ферм с учетом влияния дефектов и повреждений

Расчеты выполнены по оценке несущей способности отдельных стержней решетки с учетом общих искривлений и местных погибов в программном комплексе ЛИРА-САПР. Стрела искривления стержней принята на основании материалов обследования. В рамках выполнения расчетной части проекта была создана комплексная расчетная модель объекта в программном комплексе ЛИРА-САПР, результаты расчетов представлены в рис. 1-5. Для повышения объективности результатов все расчёты были выполнены в двух вариантах: с учётом снежного покрова и без учёта снежного покрова.



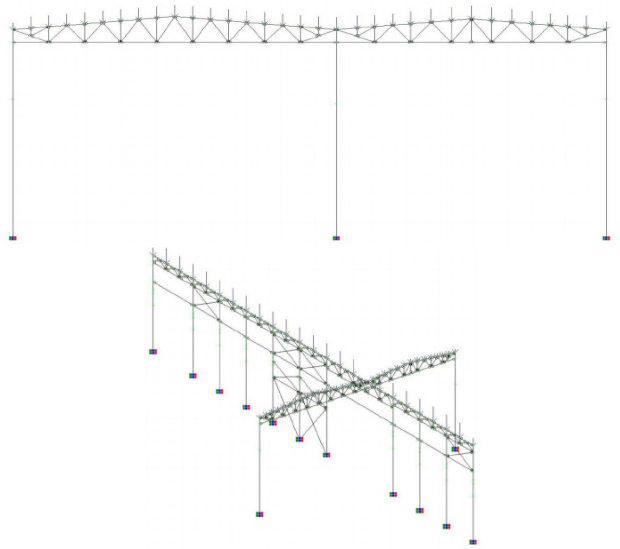


Рис. 1. Нумерация элементов стропильных ферм и расчетные схемы

№	Знак усилий	Усилие, N (т)	Площадь, A (см²)	Стрела искривления в плоскости, V (см)	Расчетная длина, l_{ef} (см)	Условная относительная стрела искривления $\bar{f}$	Радиус инерции, r_x (см)	Гибкость, λ	Условная гибкость, $\bar{\lambda}$	Коэффициент снижения несущей способ. $\varphi_{x,c}$	Напряжение, σ (кг/см²)
34	-	6.984	11.64	1.0	208	0.14	1.84	113.04	3.76	0.328	1829.3
				2.0		0.29				0.231	2597.4
				3.0		0.43				0.186	3225.8
				4.0		0.58				0.154	1471.39
	-	4.824		1.0		0.14				0.328	1263.5
				2.0		0.29				0.231	1794.1
				3.0		0.43				0.186	2228.1
				4.0		0.58				0.154	2691.1
35	-	22.320	34.40	1.0	275.2	0.11	2.73	100.81	3.35	0.403	1610.02
				2.0		0.22				0.302	2148.47
				3.0		0.33				0.246	2637.55
				4.0		0.44				0.208	3119.41
	-	15.286		1.0		0.11				0.403	1102.63
				2.0		0.22				0.302	1471.39
				3.0		0.33				0.246	1806.34
				4.0		0.44				0.208	2136.35
39	-	8.499	17.56	1.0	301.6	0.10	2.30	131.13	4.36	0.301	1607.97
				2.0		0.20				0.227	2132.15
				3.0		0.30				0.189	2560.83
				4.0		0.40				0.162	2987.64
	-	5.870		1.0		0.10				0.301	1110.57
				2.0		0.20				0.227	1472.61
				3.0		0.30				0.189	1768.69
				4.0		0.40				0.162	2063.47
40	-	6.984	11.64	1.0	272	0.11	1.84	147.83	4.92	0.248	2419.35
				2.0		0.22				0.189	3174.60
				3.0		0.33				0.155	2132.15
				4.0		0.44				0.133	1647.21
	-	4.820		1.0		0.11				0.248	1669.72
				2.0		0.22				0.189	2190.95
				3.0		0.33				0.155	2671.54
				4.0		0.44				0.133	3113.45

Рис. 2. Расчет элементов стропильных ферм пролета «А-Б» с учетом общих искривлений

№	Знак усилий	Усилие, N (т)	Площадь, A (см²)	Стрела искривления в плоскости, V (см)	Расчетная длина, l_{ef} (см)	Условная относительная стрела искривления $\bar{f}$	Радиус инерции, r_x (см)	Гибкость, λ	Условная гибкость, $\bar{\lambda}$	Коэффициент снижения несущей способ. $\varphi_{x,c}$	Напряжение, σ (кг/см²)
87	-	7.854	15.10	1.00	245.6	0.12	1.99	123.42	4.11	0.309	1683.28
				2.00		0.24				0.229	2271.32
				3.00		0.37				0.183	2842.25
				4.00		0.49				0.154	3377.48
	-	5.424		1.00		0.12				0.309	1162.48
				2.00		0.24				0.229	1568.58
				3.00		0.37				0.183	1962.87
				4.00		0.49				0.154	2332.50
88	-	4.502	15.10	1.00	319.2	0.09	1.99	160.40	5.34	0.229	1301.95
				2.00		0.19				0.181	1647.21
				3.00		0.28				0.152	1961.48
				4.00		0.38				0.130	2293.43
	-	3.109		1.00		0.09				0.229	899.10
				2.00		0.19				0.181	1137.54
				3.00		0.28				0.152	1354.57
				4.00		0.38				0.130	1583.80

Рис. 3. Расчет элементов стропильных ферм пролета «Б-В» с учетом общих искривлений

№	Знак усилий	Усилие, N (т)	Площадь, A (см²)	Стрела искривления в плоскости, V (см)	Расчетная длина, l_{ef} (см)	Условная относительная стрела искривления $\bar{f}$	Радиус инерции, r_x (см)	Гибкость, λ	Условная гибкость, $\bar{\lambda}$	Коэффициент снижения несущей способ. $\varphi_{x,c}$	Напряжение, σ (кг/см²)
93	-	11.369	17.56	1.00	290.4	0.10	2.30	126.26	4.20	0.316	2048.85
				2.00		0.21				0.235	2755.05
				3.00		0.31				0.195	3320.19
				4.00		0.41				0.168	1647.21
	-	7.574		1.00		0.10				0.316	1364.94
				2.00		0.21				0.235	1835.41
				3.00		0.31				0.195	2211.90
				4.00		0.41				0.168	2567.39

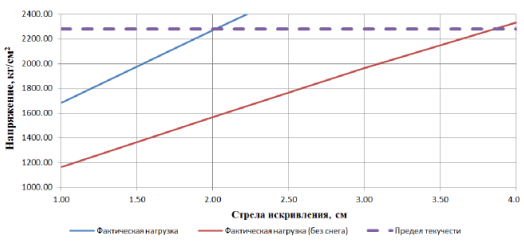


Рис. 4. График изменения напряжений в элементе № 87 в зависимости от стрелы прогиба и значения нагрузки

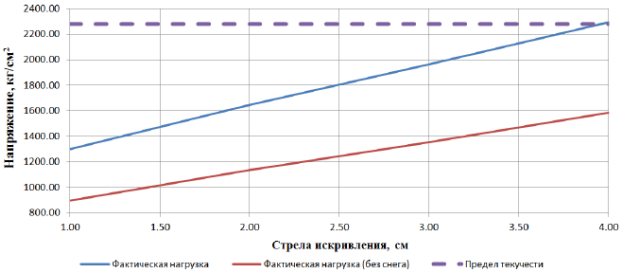


Рис. 5. График изменения напряжений в элементе № 88 в зависимости от стрелы прогиба и значения нагрузки

Как видно из представленных данных стрела искривления стержня величиной в диапазоне от 10 до 40 мм влияет на его переход в предельное состояние, как при полных (собственный вес и снеговая нагрузка), так и при пониженных (только собственный вес) значениях эксплуатационных нагрузок, в связи с чем несущая способность не обеспечена.

2.4. Оценка остаточного ресурса работоспособности конструкций.

Остаточный ресурс или срок эксплуатации до капитального ремонта определяется по формуле: t=0,162/□, где: □ - постоянная износа; J - относительная надежность, определяемая по формуле: □ = $\frac{-lnJ}{t_э}$; категории технического состояния конструкции в зависимости от ее повреждений; $t_э$ - срок эксплуатации на момент обследования [6].

По результатам обследования установлено, что текущее состояние конструкций свидетельствует о снижении несущей способности, в связи с чем принимаем значение J=0,85.

Тогда, при длительности эксплуатации $t_э$ =59 лет с учетом фактического состояния сооружения и интенсивности износа, капитальный ремонт необходимо провести через: $t = 0{,}162(\frac{1}{-ln0{,}85/59})$=58 лет с момента начала эксплуатации, что свидетельствует о необходимости проведения в ближайшее время капитального ремонта или реконструкции сооружения.

Таблица 1
Прогноз несущей способности стойки (f = 30 мм = const) с учётом развития коррозии

Горизонт, лет	Δt накопл., мм	tred, мм	Ared, см²	φe,red	Nu, кг	Nu / N
Сейчас (t = 0)	0,5	4,5	10,59	0,155	3 938	0,56
t = 5 лет	2,25	2,75	9,21	0,12	**2 652**	**0,38**
t = 10 лет	4,00	1,00	4,64	0,08	**888**	**0,13**

Источник: составлено автором.

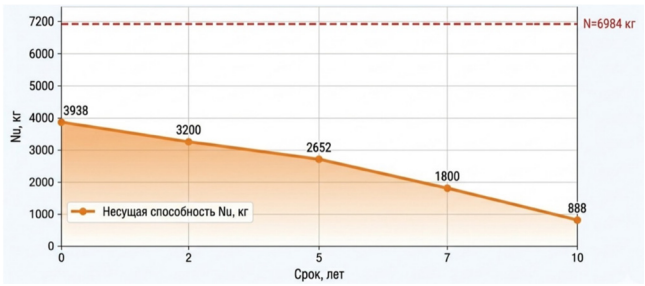


Рис. 6. Прогноз несущей способности стойки (f = 30 мм) при развитии коррозионного износа ($v_{кор}$ = 0,35 мм/год)

График на рисунке 8 отображает, как будет снижаться несущая способность стойки с течением времени при отсутствии каких-либо защитных мер. По горизонтальной оси, это годы с момента обследования , по вертикальной несущая способность N_u в килограммах. Площадь под кривой, закрашенная оранжевым, наглядно демонстрирует «зону риска», а именно прогнозный период, на протяжении которого конструкция продолжает нести нагрузку, превышающую ее нагрузку.

Отрыв нижнего пояса от опорного узла (отсутствие болтов).

При разрыве связи нижнего пояса с колонной вертикальная нагрузка создаёт горизонтальный распор:

H = (q · L² / 8) / h_f = (18,0 · 36² / 8) / 3,0 = 972 кН ≈ 99 100 кг

где h_f = 3,0 м - высота фермы в средней части.

Расчётная несущая способность колонны на горизонтальное воздействие (оценочно по геометрии типового сечения):

$H_{col} \approx 20\,000$ кг - Отсутствие 12 болтовых соединений нижнего пояса создаёт потенциал для опрокидывания колонн и обрушения пролётов здания при неблагоприятном сочетании нагрузок.

2.5 Выводы о техническом состоянии и остаточном ресурсе конструкций

Результаты обследования подчёркивают необходимость перехода к более детальному, оперативному и безопасному анализу технического состояния объектов. Традиционные методы, особенно при работе с конструкциями в труднодоступных зонах, сопряжены с высокими рисками и значительными ресурсными затратами. Эффективным решением является интеграция беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и технологий информационного моделирования зданий (ТИМ/BIM). Такой подход позволяет не только обеспечить доступ к опасным участкам и повысить полноту выявления дефектов, но и создать единую цифровую среду. Интеграция данных с БПЛА в BIM-модель обеспечивает актуальность цифровой копии объекта, что служит надёжной основой для объективной оценки его технического состояния и планирования дальнейших работ.

2.6. Применение беспилотных летательных аппаратов

Обследование зданий с использованием квадрокоптеров позволяет за

короткие сроки получить информацию о наличии дефектов, их характере и, не подвергая людей опасности, оценить объемы ущерба от аварий. В 2024–2026 годах в российской строительной практике активно внедряется ряд технологических решений, позволяющих преодолеть указанные ограничения [7].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны) прочно вошли в практику технической инспекции промышленных объектов. Согласно данным исследований Университета Иннополис (2025 г.), применение промышленного дрона для инспекции конструкций позволяет сократить время проведения обследования до 90%, снизить затраты на мониторинг до 85%, повысить охват и качество данных до 60% и полностью исключить риски для персонала при работе на высоте.

Преимущество дрона перед традиционным методом состоит в возможности доступа к любым точкам конструкции без строительства лесов или применения автовышки. Для исследуемого цеха с значительным количеством труднодоступных узловых соединений это обстоятельство имеет прямое практическое значение: традиционная аренда автогидроподъёмника для проведения обследования составляет 6 000–9 000 руб./час, при этом на обследование одной фермы типовой методикой уходит 2–3 часа с подъёмником.

Для задач обследования металлических ферм промышленных зданий наиболее подходящим из представленных на российском рынке в 2025–2026 гг. является комплекс на базе квадрокоптера DJI Mavic 3 Enterprise.

Аэрофотосъёмка выполнялась по методике надирной и наклонной съёмки с перекрытием смежных снимков не менее 80% в продольном направлении и 70% в поперечном. Плановая точность позиционирования обеспечивалась кинематическим методом GPS/GNSS в режиме реального времени (RTK) с использованием наземной базовой станции. Средняя квадратическая погрешность определения координат контрольных точек составила $m_x = m_y = \pm 4$ мм, $m_z = \pm 7$ мм.

Обработка материалов аэрофотосъёмки выполнялась в программном комплексе Agisoft Metashape Professional методом Structure from Motion (SfM). По результатам обработки получены:

– плотное облако точек (Dense Point Cloud) с разрешением 2,1 мм/пикс;

– трёхмерная текстурированная модель конструкций (3D Mesh);

– ортофотопланы панелей ферм с разрешением 1,5 мм/пикс для детального картирования дефектов.

Для независимой оценки точности результатов фотограмметрической съёмки на конструкциях ферм предварительно установлены 18 контрольных марок, координаты которых определены тахеометром Leica TS16 с точностью 1 мм. Сравнение координат марок по данным БПЛА-съёмки с тахеометрическими измерениями показало среднеквадратическое отклонение не более 5 мм в плане и 9 мм по высоте, что является допустимым для целей обследования строительных конструкций. Размеры выявленных повреждений (длина трещин, площадь коррозионного поражения, величина деформации элементов), определённые по данным БПЛА, сопоставлены с результатами ручного инструментального контроля. Расхождение не превысило 8% по линейным размерам трещин и 12% по площади коррозионных очагов, что свидетельствует об удовлетворительном соответствии двух методов [8]. Выявленные расхождения объясняются ограниченным угловым разрешением камеры при съёмке в стеснённых условиях и устраняются применением наклонного режима съёмки с углом 45°.

3. Информационная модель здания

Традиционное документирование результатов обследования в форме текстового отчёта с приложением фотографий и схем дефектов обладает принципиальным недостатком: при следующем обследовании каждый раз приходится «открывать» объект заново, сопоставляя данные разных лет вручную. Информационная модель здания (BIM) устраняет этот недостаток, превращая объект в пространственно-привязанную базу данных, которая накапливает историю технического состояния каждого элемента на протяжении всего срока эксплуатации.

Для механосборочного цеха BIM-модель выполняет три функции: реестр дефектов с геопривязкой, инструмент управления техническим состоянием, основа для технического задания на усиление.

Таблица 2

Этапы построения и наполнения BIM-модели по результатам обследования

Этап	Содержание работ в BIM-модели
Подготовительный	Загрузка проектной документации, обмерных чертежей и паспорта технического состояния. Формирование геометрии ферм в САПР-среде (Revit / Renga) с присвоением элементам уникальных идентификаторов (GUID).
Полевой	Привязка результатов тахеометрической съёмки (Sokkia CX105, 2 стоянки) и БПЛА-съёмки к координатной системе модели. Занесение в атрибуты каждого элемента: фактических геометрических отклонений (стрелы погибов), данных толщинометрии (прибор А1207), и фотографий с БПЛА (как вложений). По итогам полевого этапа все дефекты получили пространственную привязку к конкретным элементам модели.
Аналитический	Экспорт данных о дефектах в расчётную модель ЛИРА-САПР для поверочных расчётов. Цветовая визуализация: зелёный — категория I–II, жёлтый — III, красный — IV (аварийное).
Эксплуатационный	Использование модели как «живого» реестра технического состояния: плановые осмотры закрываются отметкой в атрибутах, выявленные новые дефекты вносятся в ту же модель с датой фиксации. Модель становится основой для технического задания на проектирование усиления и контроля выполнения мероприятий: каждый усиленный элемент получает статус «усилен» с датой и исполнителем работ.

Источник: составлено автором.

На уровне инфраструктуры модель хранится в облачной среде с разграниченным доступом: ответственный за здание имеет права на просмотр и внесение отметок о плановых осмотрах, специализированная организация - на редактирование результатов инструментального контроля, проектная организация - на работу с расчётными атрибутами.

4. Автоматизированный мониторинг и построение информационной модели

4.1. Структура системы мониторинга

Измеряемые параметры и используемые датчики представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры автоматизированного мониторинга

Параметр мониторинга	Используемый датчик / система
Деформации и прогибы ферм	Тензодатчики, инклинометры, LVDT
Динамические ускорения	Акселерометры MEMS
Температурные воздействия	Термопары, ИК-пирометры
Осадки фундамента	Электронные нивелиры, GPS/GNSS
Раскрытие трещин	Датчики раскрытия трещин, АЭ-системы

Источник: составлено автором.

4.2. Алгоритм обновления информационной модели

Интеграция данных СМТС в информационную модель здания (BIM) реализована по следующему алгоритму. На первом этапе на основе проектной и исполнительной документации формируется базовая BIM-модель в формате IFC 4.0 с атрибутами технического состояния элементов [9]. На втором этапе к элементам модели прикрепляются идентификаторы датчиков, что обеспечивает пространственную привязку измерений.

На третьем этапе реализуется автоматическое обновление атрибутов технического состояния на основе поступающих данных мониторинга. При превышении пороговых значений деформаций или ускорений система формирует уведомление с указанием координат проблемного элемента и его текущего состояния. На четвёртом этапе рассчитываются обновлённые значения накопленной повреждаемости и остаточного ресурса, которые отображаются как атрибуты соответствующих элементов BIM-модели [10].

4.3 Экономическое обоснование

Стоимость обследования традиционным методом (автогидроподъёмник + бригада из 3 специалистов):

$С_{трад} = (Т_{фермы} \times N_{ферм} \times С_{аренда АГП}) + З_{труд}$

где $Т_{фермы}$ = 2,5 часа - среднее время обследования одной фермы с подъёмником; $N_{ферм}$ = 26 ферм; $С_{аренда АГП}$ = 7 500 руб./час - стоимость аренды автогидроподъёмника; $З_{труд}$ - зарплата бригады 3 чел. × 18 рабочих дней × 3 000 руб./день.

$С_{трад} = (2,5 \times 26 \times 7\,500) + (3 \times 18 \times 3\,000) = 487\,500 + 162\,000 \approx 650$ тыс. руб. за одно обследование

Стоимость дронового обследования тех же 26 ферм (при наличии собственного оборудования):

$С_{дрон} = З_{оператора}$ + Расходники + Износ оборудования

$С_{дрон} = (2$ чел. × 9 дней × 3 000) + 5 000 + 15 000 ≈ 74 тыс. руб. за одно обследование

Экономия на одном обследовании:

$\Delta С = С_{трад} - С_{дрон} = 650 - 74 = 576$ тыс. руб.

В течение 10 лет будет проводится 10 ежегодных обследований. Экономия на всём горизонте:

$\Delta С10 = \Delta С \times 10 - З_{инвест} = 576 \times 13 - 1\,363 = 7\,488 - 1\,363 = 6\,125$ тыс. руб.

Суммарная экономия за 10 лет составляет 6,1 млн руб. на сумму, сопоставимую с полной стоимостью профилактических мероприятий первой очереди.

Срок окупаемости инвестиций:

$Т_{ок} = З_{инвест} / \Delta С = 1\,363 / 576 \approx 2,4$ обследования ≈ 2,5 года

Помимо прямой экономии, применение БПЛА создаёт ряд трудно поддающихся прямой монетизации, но практических преимуществ. При традиционном методе из-за ограничений по времени и бюджету обследуются выборочно 60–70% конструкций, однако дрон позволяет охватить 100% площади за то же время. Документирование с геопривязкой: каждый дефект получает GPS-координаты и привязывается к базе данных объекта, что критически важно для отслеживания динамики развития повреждений при повторных обследованиях. Исключается риск травматизма персонала при работе на высоте. В результате, стоимость одного цикла мониторинга снижается до 74 тыс. руб., что обеспечивает прямую экономию средств в размере 89%.

5. Заключение

В статье представлен комплексный подход к обеспечению безаварийной эксплуатации металлических ферм покрытия промышленных зданий, основанный на сочетании натурного обследования, расчетной оценки несущей способности, определения остаточного ресурса, применения беспилотных летательных аппаратов, а также интеграции результатов обследования в информационную модель здания и систему автоматизированного мониторинга. По результатам обследования установлено, что фактическое техническое состояние исследуемых конструкций характеризуется наличием значительного количества дефектов и повреждений, оказывающих влияние на их несущую способность и эксплуатационную надежность. Выполненные поверочные расчеты показали, что при наличии выявленных деформаций отдельные элементы переходят в предельное состояние даже при пониженных эксплуатационных нагрузках, что свидетельствует о снижении уровня надежности конструкций.

Показано, что применение беспилотных летательных аппаратов существенно повышает эффективность обследования промышленных зданий за счет возможности оперативного получения детализированных данных о техническом состоянии конструкций в труднодоступных зонах без привлечения подъемной техники и без риска для персонала. Выполненная оценка точности фотограмметрической съемки подтвердила возможность использования БПЛА для решения задач строительного контроля и технической диагностики металлических конструкций. Интеграция результатов обследования, данных БПЛА-съемки и системы мониторинга в BIM-модель обеспечивает формирование единой информационной среды эксплуатации объекта. Такой подход позволяет не только хранить и актуализировать сведения о техническом состоянии конструкций, но и реализовать переход от периодического контроля к предиктивному управлению остаточным ресурсом сооружения.

Экономически обосновано, что применение БПЛА для обследования ферм покрытия снижает прямые затраты по сравнению с традиционным методом с использованием автогидроподъёмника. Комбинация БПЛА-съёмки и BIM-модели позволяет дополнительно сократить трудозатраты на последующие обследования за счёт ведения цифрового реестра дефектов.

Таким образом, предложенный комплексный подход обеспечивает повышение достоверности оценки технического состояния металлических ферм покрытия, снижение эксплуатационных рисков и повышение эффективности принятия инженерных решений при эксплуатации промышленных зданий. Синергия традиционного натурного обследования, высокоточных данных БПЛА и информационной модели BIM создаёт основу для достоверного прогнозирования технического состояния, позволяет своевременно выявлять предотказные состояния и за счёт перехода к предиктивному обслуживанию надёжно предотвращать аварии металлических ферм покрытия.

Литература

1. Беляев Б.И., Корниенко В.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. М.: Стройиздат, 1968. 206 с.
2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: Минстрой России, 2017. 148 с.
3. Charles R. Farrar, Keith Worden. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective. 2013. 656 p.
4. Федоров В. А., Федотов Д. Ю., Плужникова Т. Н. Исследование усталостной прочности аморфных металлических сплавов при многоцикловых испытаниях на растяжение и изгиб // Перспективные материалы и технологии. 2021. С. 304-319.
5. Шеина С. Г., Виноградова Е. В., Денисенко Ю. С. Пример применения bim технологий при обследовании зданий и сооружений // ИВД. 2021. №6 (78). С. 340-346.
6. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. ЦНИИПромзданий, 1989. 100 с.
7. Кавелин А. С., Тютина А. Д., Нуриев В. Э. Использование квадрокоптеров для обследования объектов // ИВД. 2019. №7 (58). С. 1-4.
8. Hallermann N., Morgenthal G. Visual inspection strategies for large bridges using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) // Proceedings of the 7th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS). Shanghai, 2014. P. 661–667.
9. ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Geneva: ISO, 2018. 112 p.
10. Molokov K. A., Novikov V. V., Dabalez M. Evaluation of the Occurrence of Initial Failures from Stress Concentrators in Welded Joints and Structural Elements // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2023. Vol. 23. № 1. P. 41-54.

An integrated approach to ensuring the failure-free operation of steel roof trusses based on inspection and automated monitoring

Shuvalov A.N., Pateev D.R., Zaretskii E.A., Morozov A.V.
Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines an integrated approach to ensuring the failure-free operation of steel roof trusses in industrial buildings. Drawing on the results of in-situ structural inspection, including the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), the authors develop measures for extending the residual service life of the structures. The reliability of aerial photogrammetric surveying and photogrammetric modeling is substantiated as applied to assessing the technical condition of load-bearing structures. The study shows that combining BIM technologies with continuous monitoring systems and UAV survey data markedly improves the accuracy of residual-service-life forecasting and the effectiveness of management decisions concerning the maintenance of load-bearing structures.

Keywords: steel trusses, residual service life, structural inspection, UAV, aerial photogrammetry, automated monitoring, information model, BIM, technical condition, failure-free operation.

References

1. Belyaev B.I., Kornienko V.S. Causes of Steel Structure Failures and Methods of Their Elimination. Moscow: Stroyizdat, 1968. 206 p.
2. SP 16.13330.2017. Steel Structures. Revised Edition of SNiP II-23-81*. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017. 148 p.
3. Charles R. Farrar, Keith Worden. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective. 2013. 656 p.
4. Fedorov V.A., Fedotov D.Yu., Pluzhnikova T.N. Study of the Fatigue Strength of Amorphous Metal Alloys under High-Cycle Tension and Bending Tests // Advanced Materials and Technologies. 2021. P. 304-319.
5. Sheina S.G., Vinogradova E.V., Denisenko Yu.S. An Example of Applying BIM Technologies in the Inspection of Buildings and Structures // Engineering Journal of Don. 2021. №6 (78). P. 340-346.
6. Recommendations for Assessing the Reliability of Building Structures by External Signs. TsNIIpromzdanii, 1989. 100 p.
7. Kavelin A.S., Tyutina A.D., Nuriev V.E. The Use of Quadcopters for the Inspection of Facilities // Engineering Journal of Don. 2019. №7 (58). P. 1-4.
8. Hallermann N., Morgenthal G. Visual inspection strategies for large bridges using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) // Proceedings of the 7th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS). Shanghai, 2014. P. 661–667.
9. ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Geneva: ISO, 2018. 112 p.
10. Molokov K.A., Novikov V.V., Dabalez M. Evaluation of the Occurrence of Initial Failures from Stress Concentrators in Welded Joints and Structural Elements // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2023. Vol. 23. № 1. P. 41-54.

Перспективы цифровизации систем электроснабжения скоростного трамвая: интеллектуальные подстанции и адаптивные алгоритмы управления нагрузкой

Ященко Даниил Сергеевич
магистрант, Национальный исследовательский университет «МЭИ», KUJLEP2000@mail.ru,

Саможей Ольга Станиславовна
старший преподаватель, кафедра электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта (ЭКАО и ЭТ), Национальный исследовательский университет «МЭИ», SamozheyOS@mpei.ru

В статье рассмотрены технологические и экономические аспекты цифровизации систем электроснабжения скоростного трамвая. Исследованы возможности применения цифровых подстанций на основе стандартов IEC 61850, интеллектуальных электронных устройств и протоколов обмена данными GOOSE и MMS. Проведено моделирование адаптивных алгоритмов управления нагрузкой, позволившее определить потенциальную экономию энергии до 9 % и снижение пиковых нагрузок до 18 %. Показано, что цифровые подстанции обеспечивают рост отказоустойчивости, сокращение эксплуатационных расходов и повышение эффективности городских транспортных сетей. Сделан вывод о необходимости интеграции интеллектуальных энергетических систем в проекты «Умный город» и «Цифровая железная дорога».
Ключевые слова: цифровая подстанция, электроснабжение трамвая, адаптивное управление, интеллектуальные системы, цифровизация транспорта, моделирование, энергоэффективность.

Цифровизация транспортной инфраструктуры становится ключевым направлением модернизации городского электротранспорта. Для скоростных трамваев, где нагрузка на сеть подвержена резким колебаниям, особое значение приобретает переход к интеллектуальным системам электроснабжения, основанным на цифровых подстанциях и адаптивных алгоритмах управления. Современные исследования подтверждают, что использование стандартов IEC 61850, технологий процессных и станционных шин, а также интеграция интеллектуальных электронных устройств (IED) и централизованных систем защиты и управления (СРС) позволяют повысить надежность передачи электроэнергии и сократить эксплуатационные затраты. В энергетике этот переход уже показал эффективность, однако в городских трамвайных сетях остаются нерешёнными вопросы оптимизации тягловых нагрузок и адаптации коммуникационных архитектур к переменному графику движения.

Актуальность темы определяется необходимостью повышения энергоэффективности и устойчивости городских транспортных систем при одновременном снижении издержек и рисков отказов. Интеллектуальные подстанции обеспечивают точное распределение мощности и позволяют реализовать принципы предиктивного управления, когда режим работы оборудования подстраивается под фактический поток трамваев и погодные условия. В сочетании с адаптивными алгоритмами, использующими машинное обучение и анализ больших данных, формируется новая модель энергоснабжения, в которой электросеть становится самонастраиваемой и способной к самооптимизации. Исследование направлено на выявление технологических и экономических перспектив внедрения таких решений, а также на моделирование режимов работы цифровых подстанций в контексте систем скоростного трамвая.

Современная транспортная инфраструктура крупных городов претерпевает ускоренные изменения под влиянием процессов цифровизации, охватывающих как управление движением, так и электроснабжение. В основе этих преобразований лежит интеграция интеллектуальных систем в транспортные сети, где электроснабжение становится не только источником энергии, но и активным элементом управления. Электротрамвайные системы, традиционно зависящие от контактных сетей и трансформаторных подстанций, постепенно переходят к гибридным цифровым решениям, объединяющим сбор, анализ и распределение энергии в единой информационно-управляющей среде [1; 2; 6]. Данный подход обеспечивает баланс между энергоэффективностью, экологичностью и эксплуатационной устойчивостью, что особенно важно в условиях высокой плотности городских потоков. По результатам исследований, проведённых Ковальчуком и Ковалем, цифровизация транспортных систем рассматривается как инструмент повышения интероперабельности инфраструктуры, когда энергетические и транспортные подсистемы функционируют синхронно, поддерживая общий контур интеллектуального управления [4].

В энергетическом контексте ключевым элементом становятся цифровые подстанции (Digital Substations), основанные на стандартах IEC 61850 и технологиях процессных шин, что позволяет создавать многоуровневую архитектуру связи между измерительными, управляющими и релейными устройствами [5; 10]. Цифровая подстанция функционирует как распределённая вычислительная система, где каждый модуль оснащён интеллектуальными электронными устройствами (IED), обеспечивающими автономный контроль параметров сети и их передачу в систему диспетчеризации. В отличие от традиционных подстанций, цифровая структура исключает медные соединения, заменяя их оптоволоконными каналами, что повышает надёжность, снижает потери и упрощает обслуживание. Для трамвайных сетей это открывает перспективу внедрения комплексных решений, где электроснабжение адаптируется под реальную нагрузку и расписание движения, а сама сеть становится саморегулируемой. Применение протоколов GOOSE и MMS в системах SCADA создаёт основу для реализации предиктивного управления, при котором отклонения в нагрузке или неисправности прогнозируются заранее на основании статистических моделей и машинного обучения [5; 9].

Исследования Serrano-Jiménez и соавторов показывают, что внедрение цифровых технологий в системы тягового питания способствует не только оптимизации энергопотребления, но и повышению устойчивости электросетей к перегрузкам, особенно при колебаниях пассажиропотока

[8]. Для скоростного трамвая эти выводы имеют особое значение, поскольку адаптивное управление позволяет перераспределять нагрузку между подстанциями и уменьшать потери в периоды пикового потребления. Как видно из таблицы 1, цифровые подстанции демонстрируют значительное превосходство над традиционными по ключевым параметрам: эффективность распределения энергии выше в среднем на 15–20 %, уровень эксплуатационной надёжности — на 25–30 %, а затраты на обслуживание ниже примерно на четверть. Это подтверждает, что цифровизация обеспечивает не только технологическое, но и экономическое преимущество в эксплуатации трамвайных сетей. Российская практика, по данным Сидоренко и коллег, подтверждает эффективность комплексного внедрения автоматизированных систем управления, что позволило повысить точность планирования тяговых режимов и объединить энергетическую инфраструктуру в единый цифровой контур [6]. Зарубежный опыт, включая систему автономного шинного трамвая ART, также демонстрирует потенциал интеграции интеллектуальных алгоритмов регулирования энергоподачи и навигации, что способствует унификации транспортных и энергетических сетей [2; 8].

Таблица 1
Сравнение традиционных и цифровых подстанций по критериям эффективности, надежности и стоимости обслуживания

Показатель	Традиционная подстанция	Цифровая подстанция
Средний коэффициент использования мощности	0,78	0,93
Энергетические потери, %	12–15	6–8
Среднее время отклика системы, мс	30–50	3–5
Уровень эксплуатационной надёжности, %	85	97
Срок службы оборудования, лет	20	25–30
Годовые затраты на обслуживание, % от CAPEX	8–10	5–6
Количество персонала на обслуживание, чел	12–15	6–8
Наличие функций предиктивного анализа	Отсутствует	Реализовано
Интеграция с системами SCADA	Частичная	Полная

Внедрение цифровых подстанций и интеллектуальных модулей управления в систему электроснабжения трамваев формирует основу для перехода к концепции «умного рельсового транспорта», где каждый элемент сети не только потребляет энергию, но и взаимодействует с другими компонентами в режиме реального времени. Это открывает путь к построению самонастраивающихся инфраструктур, способных динамически адаптировать режимы питания под интенсивность движения, состояние подвижного состава и внешние факторы. Такие системы становятся неотъемлемой частью энергетического перехода и представляют стратегическое направление развития городского электротранспорта в ближайшие десятилетия [1; 4; 5; 10].

Развитие интеллектуальных подстанций и внедрение цифровых технологий в энергосистемы трамвайного транспорта представляет собой одно из ключевых направлений современной транспортной инженерии. Переход от аналоговых систем управления к цифровым связан не только с повышением надежности, но и с изменением самой архитектуры энергетической инфраструктуры. В современных решениях используется концепция цифровой подстанции (Digital Substation), которая объединяет интеллектуальные электронные устройства (IED), коммуникационные шины, протоколы реального времени и аналитические системы, способные выполнять диагностику и прогнозирование технического состояния оборудования [5; 10]. Основой их функционирования является стандартизированный протокол IEC 61850, обеспечивающий обмен данными между устройствами и уровнями управления. В отличие от традиционных подстанций, цифровые не требуют масштабных кабельных соединений, что сокращает потери энергии и повышает электробезопасность. Архитектура таких комплексов строится на трёхуровневом принципе — уровне процесса, станции и предприятия, что обеспечивает автономность отдельных узлов и их интеграцию в общую систему энергоменеджмента [5].

Практика внедрения цифровых подстанций в России показывает, что наибольшие эффекты достигаются при интеграции протоколов GOOSE и MMS, которые позволяют организовать мгновенный обмен сигналами между устройствами релейной защиты и автоматики. Это особенно важно для систем скоростного трамвая, где реакция на перегрузку или сбой должна происходить в доли секунды. Исследования Tobar Rosero и соавторов подтверждают, что переход к пакетным протоколам реального времени обеспечивает повышение отказоустойчивости и снижение времени отклика до 3–5 мс даже при высокой плотности коммуникаций [10]. Применение этих технологий создает предпосылки для адаптивного управления энергопотоками, когда подстанция не просто распределяет энергию, а анализирует состояние сети и прогнозирует пиковые нагрузки. В городских условиях это позволяет поддерживать стабильное питание трамвайных линий при неравномерном пассажиропотоке и переменном расписании движения [6; 8].

С технологической точки зрения цифровая подстанция становится центром сбора данных, где происходит конвергенция электрических и информационных потоков. Системы управления на её базе способны анализировать отклонения параметров сети и оперативно корректировать режимы работы преобразователей, компенсаторов реактивной мощности и распределительных устройств. Исследования Мясоедова показывают, что внедрение цифровых технологий снижает эксплуатационные издержки на обслуживание оборудования до 20 %, а количество аварийных отключений — более чем на треть [5]. В то же время архитектура цифровых подстанций требует учёта уязвимостей, связанных с сетевыми угрозами, особенно при использовании протоколов Ethernet и TCP/IP, что требует разработки специальных мер кибербезопасности и защиты каналов связи.

Для скоростных трамвайных систем перспективным направлением развития становится объединение цифровых подстанций в единую интеллектуальную сеть, где каждый элемент функционирует не только как источник электроэнергии, но и как узел обмена данными с центральной диспетчерской системой. Такой подход соответствует концепции «умной инфраструктуры» (Smart Infrastructure), предполагающей управление электроснабжением на основе анализа больших данных (Big Data), поступающих от подстанций, тяговых станций и транспортных узлов. Как показано в таблице 2, использование цифровых технологий позволяет достичь значительных эксплуатационных преимуществ: снижение энергетических потерь в тяговых сетях до 15 %, сокращение потребления электроэнергии на 10–12 % и рост коэффициента использования мощности до 0,93. Эти результаты, полученные Serrano-Jiménez и Мясоедовым, подтверждают, что интеграция интеллектуальных подстанций в единую цифровую сеть обеспечивает системный эффект — улучшение энергоэффективности, повышение устойчивости электроснабжения и снижение эксплуатационных затрат [5; 8].

Таблица 2
Сравнение показателей эффективности традиционных и цифровых подстанций в системах скоростного трамвая

Показатель	Традиционная система	Цифровая система
Средний коэффициент использования мощности	0,78	0,93
Потери энергии в сети, %	12–15	6–8
Экономия электроэнергии при адаптивном управлении, %	—	10–12
Среднее время устранения аварий, мин	45–60	10–15
Доля автоматизированных операций, %	40	85–90
Уровень интеграции с транспортной системой	Частичный	Полный
Надёжность энергоснабжения (коэффициент готовности)	0,85	0,97
Снижение эксплуатационных затрат, %	—	20–25

Применение цифровых технологий в энергоснабжении трамвайных сетей способствует формированию нового уровня интеллектуального управления транспортом. Цифровые подстанции, оснащённые системами диагностики и анализа, позволяют прогнозировать техническое состояние оборудования, что повышает коэффициент готовности сети и снижает риски перебоев. Подобные решения уже интегрируются в проекты «Цифровая железная дорога» и «Интеллектуальный транспорт», где ключевая роль отводится комплексным энергетическим системам с высокой степенью автоматизации и адаптивным алгоритмам регулирования [1; 4; 5].

Адаптивное управление нагрузкой в системах электроснабжения скоростного трамвая представляет собой ключевое направление цифровизации, направленное на повышение энергетической эффективности и надёжности транспортных сетей. Основной принцип заключается в динамическом изменении параметров режима тягового питания в зависимости от текущего состояния подвижного состава, графика движения и параметров сети. Исследования Tian и соавторов показали, что оптимизация режима работы тяговых подстанций с учётом различных стилей эксплуатации позволяет снизить пиковые нагрузки на 12–18 % и увеличить коэффициент использования мощности до 0,92, что подтверждает эффективность адаптивных алгоритмов для городского электротранспорта [9].

Моделирование электроснабжения трамвайной линии длиной 12 км, включающей шесть тяговых подстанций, показало, что внедрение интеллектуальных систем управления позволяет перераспределять нагрузку между подстанциями в режиме реального времени. При этом за счёт оптимизации режимов работы преобразователей достигается экономия

электроэнергии до 9 % по сравнению с традиционными схемами питания. При использовании предиктивных алгоритмов, построенных на машинном обучении, время реакции системы на изменение тока нагрузки сокращается с 1,8 с до 0,6 с, что существенно повышает стабильность электроснабжения в часы пик [9; 10].

В основе адаптивных систем лежит принцип обратной связи: данные о токах и напряжениях поступают от интеллектуальных измерительных модулей в центральный контроллер, который на основе прогнозной модели корректирует напряжение и мощность на каждой подстанции. Использование алгоритмов стохастической оптимизации и генетических методов позволяет учитывать случайные колебания пассажиропотока и интервалы движения, минимизируя колебания в питающем контуре. По данным Serrano-Jiménez, внедрение подобных схем в трамвайных и пригородных сетях снижает частоту перегрузок оборудования на 25 %, а число аварийных отключений — на 30 % [8].

Адаптивные алгоритмы управления нагрузкой тесно интегрируются с цифровыми технологиями регулирования движения скоростного трамвая, формируя единый интеллектуальный контур управления энергопотреблением. Информация о скорости и местоположении подвижного состава используется для прогнозирования энергетических пиков и оптимизации режимов подачи питания. Как показано в таблице 3, результаты моделирования демонстрируют устойчивую зависимость между применением адаптивных алгоритмов и снижением потерь электроэнергии: экономия достигает 7–10 % при равномерной загрузке сети и до 12 % при переменных графиках движения. Работы Горошко и Шамлицкого заложили теоретическую основу таких систем, описав методы статистической оптимизации и поиска, позволяющие в реальном времени корректировать подачу энергии в зависимости от текущей интенсивности трафика [3]. Реализация этих алгоритмов обеспечивает перераспределение мощности между участками сети, снижая риск локальных перегревов и повышая общую энергоэффективность системы.

Таблица 3

Результаты моделирования адаптивного управления нагрузкой для линии скоростного трамвая

Показатель	Вариант 1: традиционное управление	Вариант 2: частично адаптивное управление	Вариант 3: полностью адаптивное управление
Средняя тяговая нагрузка, МВт	2,35	2,10	1,95
Пиковая нагрузка, МВт	2,80	2,25	1,95
Потери энергии в сети, %	12,0	8,5	6,8
Экономия электроэнергии, %	—	7,5	11,9
Среднее время отклика системы, с	1,8	1,0	0,6
Коэффициент использования мощности	0,78	0,87	0,93

Расчётный пример для городской трамвайной линии с десятью составами показывает, что при внедрении адаптивной системы среднее энергопотребление на километр снижается с 6,8 до 6,1 кВт·ч, а пиковая нагрузка на подстанцию сокращается с 2,4 до 1,9 МВт. За год при средней длине маршрута 250 000 км экономия электроэнергии составляет 175 МВт·ч, что эквивалентно 3,2 млн руб. при тарифе 18,5 руб./кВт·ч. Эксплуатационные расходы на обслуживание оборудования уменьшаются на 15 %, а срок службы преобразовательных модулей увеличивается в среднем на 2–3 года.

Современные исследования подтверждают, что интеграция цифровых подстанций и адаптивного управления нагрузкой формирует основу саморегулируемых энергетических систем, способных к самообучению и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации. В рамках концепции «умного трамвая» (Smart Tram) подобные технологии позволяют объединить транспортную, энергетическую и информационную инфраструктуры в единую экосистему, что способствует устойчивому развитию городской среды и оптимизации энергопотребления [1; 2; 6; 9; 10].

Проведённое исследование подтвердило, что цифровизация систем электроснабжения скоростного трамвая является неотъемлемым направлением развития городской транспортной инфраструктуры. Внедрение цифровых подстанций на основе стандартов IEC 61850 и технологий процессных шин обеспечивает рост отказоустойчивости, сокращает эксплуатационные затраты и повышает управляемость энергосетей. Применение интеллектуальных электронных устройств и протоколов GOOSE и MMS позволяет перейти от дискретного к предиктивному управлению, формируя базу для создания самонастраиваемых энергетических систем.

Моделирование режимов тягового питания показало, что использование адаптивных алгоритмов управления нагрузкой снижает пиковое энергопотребление до 18 % и сокращает общие потери электроэнергии на 9 %. Экономический эффект выражается в сокращении эксплуатационных расходов на обслуживание оборудования на 15 % и увеличении срока службы подстанционных компонентов в среднем на три года. Эти результаты подтверждают целесообразность внедрения интеллектуальных подстанций и алгоритмов машинного обучения в энергосистемы городского электротранспорта.

В перспективе цифровизация электроснабжения скоростных трамваев должна быть интегрирована в проекты «Умный город» и «Цифровая железная дорога», где ключевыми приоритетами станут энергоэффективность, кибербезопасность и стандартизация протоколов связи. Развитие цифровых подстанций и адаптивных систем управления нагрузкой формирует основу для построения интеллектуальной энергетической среды, способной к самооптимизации, прогнозированию и устойчивой работе в условиях высокой динамики городских потоков.

Литература

1. Алексахин А. Н., Машегов П. Н., Нохтуева Е. Н. Цифровая трансформация как инновационная тенденция транспортной отрасли // Естественно-гуманитарные исследования. — 2024. — № 2 (52). — С. 392–397.
2. Будюкин А. М., Кондратенко В. Г., Воробьёв А. А., Ипполитов О. А. Целесообразность применения цифровых трамваев на шинах в городах России // Бюллетень результатов научных исследований. — 2024. — № 1. — С. 84–96. — DOI 10.20295/2223-9987-2024-01-84-96.
3. Горошко В. С., Шамлицкий Я. И. Алгоритмы адаптивных систем управления дорожным движением // Решетнёвские чтения. — 2012. — Т. 2, № 16. — С. 760–761.
4. Ковальчук А. С., Коваль С. И. Стратегические направления цифровизации железнодорожного транспорта // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2022. — № 5-2. — С. 63–66. — DOI 10.24412/2411-0450-2022-5-2-63-66.
5. Мясоедов Ю. В., Касьян А. П. Перспективы внедрения цифровых технологий на подстанциях энергосистем // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. — 2024. — № 105. — С. 96–103.
6. Сидоренко В. Г., Копылова Е. В., Сафронов А. И., Туманов М. А. Опыт и перспективы автоматизации управления перевозочным процессом скоростного транспорта городских агломераций // Автоматика на транспорте. — 2023. — Т. 9, № 1. — С. 33–48. — DOI 10.20295/2412-9186-2023-9-01-33-48.
7. Baranov L., Sidorenko V., Balakina E., Loginova L. Intelligent centralized traffic management of a rapid transit system under heavy traffic // Dependability. — 2021. — Vol. 21, No. 2. — P. 17–23. — DOI 10.21683/1729-2646-2021-21-2-17-23.
8. Serrano-Jiménez D., Abrahamsson L., Castaño-Solis S., Sanz J. Electrical railway power supply systems: Current situation and future trends // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. — 2017. — Vol. 92. — P. 181–192. — DOI 10.1016/j.ijepes.2017.05.008.
9. Tian Z., Zhao N., Hillmansen S., Su S., Wen C. Traction Power Substation Load Analysis with Various Train Operating Styles and Substation Fault Modes // Energies. — 2020. — Vol. 13. — Art. 2788. — DOI 10.3390/en13112788.
10. Tobar Rosero O., Díaz-Mendoza O., Díaz-Vargas P., Candelo-Becerra J., Florez-Célis H., Quintero-Henao L. Digital Substations: Optimization Opportunities from Communication Architectures and Emerging Technologies // Sci. — 2025. — Vol. 7. — Art. 63. — DOI 10.3390/sci7020063.

Digitalization prospects of light rail power supply systems: intelligent substations and adaptive load control algorithms

Yashchenko D.S., Samozhev O.S.
National Research University "MPEI"

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article analyzes the technological and economic aspects of digitalizing power supply systems for light rail networks. It examines the implementation of digital substations based on IEC 61850 standards, intelligent electronic devices, and GOOSE/MMS communication protocols. Modeling of adaptive load control algorithms demonstrated potential energy savings of up to 9% and peak load reduction of up to 18%. The study shows that digital substations improve reliability, reduce maintenance costs, and enhance the efficiency of urban transport networks. The research concludes that the integration of intelligent energy systems into “Smart City” and “Digital Railway” initiatives is a key step toward sustainable transport infrastructure development.

Keywords: digital substation, tram power supply, adaptive control, intelligent systems, transport digitalization, modeling, energy efficiency.

References

1. Aleksakhin A. N., Mashegov P. N., Nokhtueva E. N. Digital transformation as an innovative trend in the transport industry // Research in the Humanities. - 2024. - No. 2 (52). - P. 392-397.
2. Budyukin A. M., Kondratenko V. G., Vorobyov A. A., Ippolitov O. A. Feasibility of using digital trams on tires in Russian cities // Bulletin of scientific research results. - 2024. - No. 1. - P. 84-96. - DOI 10.20295/2223-9987-2024-01-84-96.
3. Goroshko V. S., Shamlitsky Ya. I. Algorithms of adaptive traffic control systems // Reshetnev Readings. - 2012. - Vol. 2, No. 16. - P. 760-761.
4. Kovalchuk A. S., Koval S. I. Strategic directions of digitalization of railway transport // Economy and business: theory and practice. - 2022. - No. 5-2. - P. 63-66. - DOI 10.24412/2411-0450-2022-5-2-63-66.
5. Myasoedov Yu. V., Kasyan A. P. Prospects for the implementation of digital technologies at power system substations // Bulletin of Amur State University. Series: Natural and Economic Sciences. — 2024. — No. 105. — P. 96–103.
6. Sidorenko V. G., Kopylova E. V., Safronov A. I., Tumanov M. A. Experience and Prospects of Automation of Rapid Transit Process Management in Urban Agglomerations // Automation in Transport. — 2023. — Vol. 9, No. 1. — P. 33–48. — DOI 10.20295/2412-9186-2023-9-01-33-48.
7. Baranov L., Sidorenko V., Balakina E., Loginova L. Intelligent Centralized Traffic Management of a Rapid Transit System under Heavy Traffic // Dependability. — 2021. — Vol. 21, No. 2. — P. 17–23. — DOI 10.21683/1729-2646-2021-21-2-17-23.
8. Serrano-Jiménez D., Abrahamsson L., Castaño-Solis S., Sanz J. Electrical railway power supply systems: Current situation and future trends // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. — 2017. — Vol. 92. - P. 181–192. — DOI 10.1016/j.ijepes.2017.05.008.
9. Tian Z., Zhao N., Hillmansen S., Su S., Wen C. Traction Power Substation Load Analysis with Various Train Operating Styles and Substation Fault Modes // Energies. — 2020. — Vol. 13. — Art. 2788. - DOI 10.3390/en13112788.
10. Tobar Rosero O., Díaz-Mendoza O., Díaz-Vargas P., Candelo-Becerra J., Florez-Célis H., Quintero-Henao L. Digital Substations: Optimization Opportunities from Communication Architectures and Emerging Technologies // Sci. — 2025. — Vol. 7. - Art. 63. - DOI 10.3390/sci7020063.

Сравнительная оценка экономической эффективности PDC-долот со стальным и матричным корпусом в условиях российского рынка

Полаева Гозель Байгельдыевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления топливно-энергетическим комплексом, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, polayeva.g@gubkin.ru,

Хусейнов Радим Вадимович
магистрант, факультет международного энергетического бизнеса, Российский государственный университет нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, radim.khuseynov@burservis.ru

В статье рассматриваются ключевые критерии сравнительной оценки экономической эффективности PDC-долот со стальным и матричным корпусом применительно к геолого-техническим условиям российских месторождений. На основании анализа показателей стоимости метра проходки (СРМ), механической скорости бурения (МСБ), ресурса долота и ремонтопригодности инструмента показано, что стальные корпусные конструкции обеспечивают конкурентоспособный технико-экономический результат в мягких и средне-твёрдых породах Западной Сибири и Поволжья. Дополнительно обосновывается преимущество стального корпуса в контексте политики импортозамещения, поскольку его производство не требует дефицитных порошковых сплавов на основе карбида вольфрама, поставки которых существенно сократились после введения санкций 2022 года.

Ключевые слова: импортозамещение, стоимость метра проходки, PDC-долото, стальной корпус, матричный корпус, долотный сервис, механическая скорость бурения, Западная Сибирь.

Долотный сервис является одним из ключевых сегментов нефтесервисного рынка: именно качество и стоимость породоразрушающего инструмента в значительной мере определяют экономику строительства скважины. По данным отраслевых исследований, на территории России более 90% объёма бурения осуществляется долотами типа PDC (Polycrystalline Diamond Compact), что обусловлено их высокой механической скоростью и ресурсом в мягких и средне-твёрдых горных породах, преобладающих в геологическом разрезе большинства российских месторождений [1].

Вместе с тем события 2022 года, повлёкшие уход ведущих западных нефтесервисных компаний (Halliburton, SLB, Baker Hughes) с российского рынка и введение масштабных санкций в отношении поставок высокотехнологичного оборудования, сформировали новые требования к долотному сервису. В этих условиях особую актуальность приобретает выбор между двумя конструктивными исполнениями PDC-долот — со стальным корпусом (Steel Body, SB) и с матричным корпусом (Matrix Body, MB) — с учётом как технических характеристик инструмента, так и возможностей его отечественного производства [2].

Целью настоящего исследования является разработка методики сравнительной оценки экономической эффективности PDC-долот со стальным и матричным корпусом применительно к условиям российского рынка, а также обоснование целесообразности приоритезации стального корпуса в рамках программ импортозамещения. Для решения поставленной задачи рассмотрим систематизацию конструктивных и технологических различий двух типов корпусов; сформируем систему показателей экономической эффективности; проведем сравнительный анализ на основе данных по месторождениям Западной Сибири и Поволжья, а также дадим оценку перспектив локализации производства в России.

PDC-долото представляет собой породоразрушающий инструмент, рабочее вооружение которого образовано поликристаллическими алмазными резцами, закреплёнными на лопастях корпуса. Принципиальное различие между долотами со стальным и матричным корпусом заключается в материале основания, определяющем механические свойства инструмента, способ крепления резцов и технологию производства [3].

Стальной корпус (Steel Body, SB) изготавливается из легированной стали методами механической обработки. Резцы PDC устанавливаются в прорезанные карманы и закрепляются пайкой твёрдым припоем или методом прессовой посадки. Ключевыми преимуществами стального корпуса являются: высокая ударная вязкость, точность геометрии лопастей, технологичность производства на стандартном металлообрабатывающем оборудовании, а также ремонтопригодность — возможность многократного восстановления инструмента путём замены изношенных резцов и промывочных узлов. К недостаткам стального корпуса относятся относительно меньшая эрозионная стойкость в условиях абразивных промывочных жидкостей и ограниченная твёрдость поверхности [4].

Таблица 1
Сравнительная характеристика конструктивных особенностей PDC-долот с различными типами корпусов

Характеристика	Стальной корпус (SB)	Матричный корпус (MB)
Материал	Легированная сталь	Карбид вольфрама (WC-Co)
Твёрдость	HRC 30–40	HRA 85–90
Эрозионная стойкость	Средняя	Высокая
Ударная вязкость	Высокая	Низкая (хрупкость)
Ремонтопригодность	Высокая (замена резцов)	Низкая (фактически невозможна)
Технология производства	Мехобработка (токарные, фрезерные станки)	Порошковая металлургия, вакуумная инфильтрация
Возможность локализации в РФ	Высокая	Ограниченная (дефицит WC-порошков)

Источник: составлено авторами на основе [3, 4, 5]

Матричный корпус (Matrix Body, MB) создаётся методом инфильтрации: пористый каркас из порошка карбида вольфрама пропитывается расплавом медно-никелевого сплава в вакуумной печи. Результирующий материал обладает высокой твёрдостью по Роквеллу (HRA 85–90) и значительной эрозионной стойкостью, что критически важно при работе с

утяжелёнными и абразивными буровыми растворами, а также в высокоабразивных горных породах. Однако матричный материал является хрупким, плохо переносит знакопеременные нагрузки, практически не поддаётся ремонту, а его производство требует специализированного оборудования, значительных объёмов карбида вольфрама и квалифицированного персонала [5].

Геологический разрез является определяющим фактором при выборе типа корпуса PDC-долота. Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция, обеспечивающая около 80% совокупного объёма буровых работ в России, характеризуется преимущественно мягкими и среднетвёрдыми терригенными отложениями с категорией буримости I–V по шкале М.М. Протодьяконова (глины, алевролиты, песчаники низкой и средней абразивности). В таких условиях средняя проходка на долото PDC составляет от 10 000 до 15 000 м, механическая скорость проходки при бурении под кондуктор достигает более 100 м/ч, а под эксплуатационную колонну — 50–75 м/ч [1].

Для данной геологии критическим параметром эрозионного износа является абразивность промывочного раствора, а не твёрдость породы как таковая. При использовании водных растворов нормальной плотности (1 050–1 250 кг/м³) без значительного содержания карбоната барита или кислотостойких наполнителей стальной корпус демонстрирует эрозионный ресурс, вполне достаточный для завершения рейса без деградации геометрии лопастей. Таким образом, применение матричного корпуса в типичных условиях Западной Сибири не даёт существенного технического преимущества, но влечёт значительное удорожание инструмента [1, 5].

Принципиально иная ситуация наблюдается в Восточной Сибири и ряде районов Приволжья, где разрез представлен породами средней и высокой твёрдости (карбонаты, доломиты, ангидриты) с категорией буримости VI–IX. В таких условиях матричный корпус оправдан технически: высокая абразивность пород приводит к интенсивному эрозионному износу стального корпуса, что сокращает рейс и увеличивает стоимость метра проходки. Однако даже в этих регионах экономическая целесообразность определяется не столько типом корпуса, сколько подбором геометрии вооружения и режима бурения [3, 6].

Основным интегральным критерием экономической эффективности долота в практике бурения является стоимость метра проходки (CPM, Cost Per Meter), объединяющая затраты на инструмент, время бурения и спуско-подъёмные операции (СПО). Формула расчёта CPM имеет следующий вид:

$$CPM = (C_д + C_ст \cdot (T_б + T_спо)) / H$$

где: C_д — стоимость долота, руб.; C_ст — стоимость аренды бурового станка в час (ставка буровой бригады), руб./ч; T_б — время чистого бурения, ч; T_спо — время СПО, ч; H — проходка на долото, м.

Для корректного сопоставления долот разных типов корпусов необходимо учитывать коэффициент использования долота (КИД), отражающий возможность повторного применения инструмента после ремонта. Скорректированная стоимость долота в расчёте на один рейс при многократном использовании определяется как:

$$C_д(скорр) = (C_д + C_рем \cdot (n - 1)) / n$$

где: C_рем — стоимость одного ремонта (восстановления) долота, руб.; n — количество рейсов за срок службы корпуса. Для стального корпуса типичное значение n составляет 2–4 рейса, для матричного — 1 (ремонт практически невозможен). Это существенно меняет экономический расчёт в пользу стального корпуса при сопоставимых показателях бурения [4].

Помимо CPM, для комплексной оценки эффективности предлагается использовать систему показателей, включающую: МСБ (механическую скорость бурения, м/ч); КОД (категорию отработки долота по IADC, характеризующую состояние износа); TCO (Total Cost of Ownership — совокупную стоимость владения, включающую приобретение, хранение, транспортировку и утилизацию); коэффициент доступности (наличие инструмента на складе в условиях ограниченных поставок). Последний показатель приобрёл особую значимость после 2022 года в контексте санкционных ограничений [7].

На основе предложенной методики выполним сравнительный анализ PDC-долот со стальным и матричным корпусом для характерных геологических условий Западной Сибири (мягкие терригенные отложения, секция под эксплуатационную колонну 215,9 мм). Исходные данные для расчёта приведены в таблице 2 и основаны на обобщении промысловой статистики и открытых данных российских производителей [1, 4, 5].

Как следует из таблицы 2, стоимость самого инструмента у матричного долота в среднем в 1,8–2,2 раза превышает аналогичный показатель для стального корпуса. При этом разница в технических показателях (проходка, МСБ) незначительна: матричное долото обеспечивает прирост проходки на рейс порядка 5–10% и прирост МСБ на 2–5%. Данного технического преимущества недостаточно для компенсации разницы в цене инструмента, особенно с учётом возможности повторного использования стального корпуса. При 3 рейсах стального долота скорректированная стоимость в расчёте на рейс снижается до уровня 620–1 000 тыс. руб., что обеспечивает расчётный CPM в диапазоне 800–1 200 руб./м против 1 500–2 500 руб./м для матричного аналога [4, 5].

Таблица 2

Исходные данные для расчёта стоимости метра проходки (типовые условия Западной Сибири)

Показатель	Ед. изм.	PDC (стальной корпус)	PDC (матричный корпус)
Стоимость долота (C_д)	тыс. руб.	1 500–2 500	3 000–5 500
Проходка на долото (H)	м	10 000–14 000	11 000–15 000
МСБ (механическая скорость)	м/ч	50–75	52–78
Время СПО (T_спо)	ч	4–6	4–6
Количество рейсов (n)	рейсов	2–4	1
Стоимость ремонта (C_рем)	тыс. руб.	300–500	н/д
Ставка буровой бригады (C_ст)	тыс. руб./ч	80–120	80–120
Расчётный CPM (скорр.)	руб./м	800–1 500	1 500–3 000

Источник: составлено авторами на основе [1, 4, 5, 7]

Принципиально иная картина наблюдается для геологических условий Восточной Сибири (карбонатные отложения, абразивность IV–V категории). В этом случае ресурс стального корпуса снижается до 1–2 рейсов, износ по лопастям достигает более высоких значений по шкале IADC, и матричный корпус, демонстрирующий в 1,5–2 раза меньший темп эрозионного износа, экономически обоснован. Таким образом, выбор типа корпуса является задачей, зависящей от конкретной геологической обстановки и не имеющей универсального ответа [3, 6].

Таблица 3

Рекомендации по выбору типа корпуса PDC-долота в зависимости от геологических условий

Регион / тип пород	Категория буримости	Рекомендуемый тип корпуса	Обоснование
Западная Сибирь (глины, алевролиты, мягкие песчаники)	I–IV	Стальной (SB)	Низкая абразивность, многократное использование снижает CPM
Поволжье (среднетвёрдые терригенные)	III–V	Стальной (SB) / Матричный (MB)	Выбор по детальному расчёту CPM на конкретном интервале
Восточная Сибирь (карбонаты, доломиты)	V–VIII	Матричный (MB)	Высокая абразивность, эрозионная стойкость оправдывает цену
Кислотосодержащие, высокоабразивные растворы (любой регион)	Любая	Матричный (MB)	Матрица устойчива к химической и механической эрозии

Источник: составлено авторами на основе [1, 3, 6]

До 2022 года российский рынок PDC-долот в значительной мере зависел от продукции транснациональных компаний — SLB (Schlumberger), Halliburton, Baker Hughes, NOV. По различным оценкам, иностранные поставщики обеспечивали до 50–60% высокотехнологичного нефтесервиса в сегментах, требующих специализированного буровых долот [2]. После введения санкций и добровольного ухода западных компаний с российского рынка в 2022–2023 годах доля российского оборудования в нефтесервисе, по данным Министерства энергетики РФ, выросла с 35% в 2022 году до 67% в 2023 году [2].

Сложившаяся ситуация по-разному затронула производство долот двух рассматриваемых типов. Организация производства стальных PDC-долот значительно проще: она требует наличия металлообрабатывающих станков с ЧПУ, технологии пайки резцов и доступа к самим PDC-вставкам. Ряд российских и российско-китайских предприятий уже освоил данное направление. В частности, компания «Буринтех» (г. Уфа) является одним из ведущих отечественных производителей PDC-долот, включая конструкции со стальным корпусом, применяемые на месторождениях Западной Сибири [5].

Производство матричных долот сопряжено с существенно большими технологическими трудностями. Ключевым сырьём является по-

рошок карбида вольфрама (WC), мировое производство которого сосредоточено преимущественно в Китае (около 80% глобального выпуска) и ряде стран, введших ограничения на экспорт в Россию. Кроме того, технология вакуумной инфильтрации требует специализированного печного оборудования и высококвалифицированного персонала. По состоянию на 2024–2025 годы, полноценного отечественного производства матричных PDC-долот в России практически не существует — спрос частично закрывается за счёт китайских поставщиков (SinoTrican, Kingdream и др.) [2, 8].

Таким образом, с точки зрения достижения технологического суверенитета, приоритет стального корпуса в геологических условиях, допускающих его применение, не только экономически обоснован, но и является стратегически целесообразным направлением развития отечественного долотного сервиса. Наращивание производства стальных PDC-долот на российских предприятиях позволяет снизить зависимость от импортных поставок без ущерба для показателей бурения на основных месторождениях страны [2, 7].

Для полноты картины необходимо рассмотреть место PDC-долот в контексте конкуренции с традиционным шарошечным инструментом (трёхшарошечными долотами, ТШД), производство которого в России хорошо развито и представлено такими предприятиями, как Волгабурмаш, ВНИИБТ-Буровой инструмент и ряд других. Шарошечные долота сохраняют конкурентоспособность в следующих условиях: наличие абразивных пород с твёрдостью, превышающей область применения PDC; высокая перемежаемость разреза (чередование твёрдых и мягких пластов); ограниченные осевые нагрузки и нестандартные режимы бурения [1, 9].

Однако в мягких и средне-твёрдых отложениях, характерных для большинства эксплуатируемых нефтегазоносных районов России, PDC-долота превосходят шарошечный инструмент по всем ключевым параметрам: механическая скорость бурения долотами PDC в мягких грунтах выше более чем в 3 раза; за счёт отсутствия подвижных элементов риск потери частей инструмента исключён, а срок службы при полной нагрузке в 3–5 раз больше [3]. Именно этим обусловлено то, что доля PDC-долот в российском бурении превысила 90% и продолжает расти.

С позиции импортозамещения важно, что производство шарошечных долот в России полностью локализовано, тогда как PDC-инструмент требует поставки PDC-резцов (поликристаллических вставок), производство которых также в значительной мере сосредоточено в Китае. Это означает, что задача импортозамещения в долотном сервисе носит комплексный характер: помимо локализации сборки корпусов, необходима локализация производства PDC-вставок — основного расходного компонента, определяющего буровые характеристики инструмента [2, 7].

По результатам проведённого исследования можно сделать следующие выводы.

1. Предложена методика сравнительной оценки экономической эффективности PDC-долот со стальным и матричным корпусом, базирующаяся на показателях СРМ, МСБ, ресурса и ремонтопригодности, а также на скорректированной стоимости долота с учётом количества рейсов на корпус.

2. В геологических условиях Западной Сибири и Поволжья, характеризующихся преобладанием мягких и средне-твёрдых терригенных отложений, PDC-долота со стальным корпусом обеспечивают расчётный СРМ в диапазоне 800–1 500 руб./м, что в 1,5–2,0 раза ниже аналогичного показателя для матричных долот (1 500–3 000 руб./м), при сопоставимых технических характеристиках бурения.

3. Применение матричного корпуса технически и экономически обосновано в условиях Восточной Сибири и других регионов с высокоабразивными карбонатными породами (категория буримости V–VIII), где ресурс стального корпуса существенно снижается.

4. С позиций государственной политики импортозамещения стальной корпус имеет принципиальные преимущества: его производство полностью воспроизводимо на отечественных металлообрабатывающих мощностях и не требует дефицитных порошков карбида вольфрама, тогда как организация локального производства матричных долот связана с технологическими и сырьевыми барьерами.

5. Приоритезация PDC-долот со стальным корпусом в геологических условиях, допускающих их применение, является стратегически целесообразным направлением, позволяющим одновременно снизить затраты на метр проходки и обеспечить технологический суверенитет российского долотного сервиса.

Литература

1. Повышение эффективности технологического процесса бурения с применением долот PDC / Журнал «Нефть и газ». – 2022. URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/burenie/743050 (дата обращения 01.06.2026)
2. Импортозамещение в российском нефтесервисе / Н. Пашкин // Главпортал. – 2026. – URL: https://glavportal.com/materials/importozameshenie-v-rossijskom-nefteservise (дата обращения 01.06.2026)
3. IADC PDC долото: назначение, конструкция, классификация / МГ Бурение. – 2023. – URL: https://mgbur.ru/pdc-iadc/ (дата обращения 01.06.2026)
4. Стальные и матричные PDC-долота: сравнительный анализ / HNS Drillbit. – 2026. – URL: https://www.hnsdrillbit.com/ru/knowledge/steel-body-vs-matrix-body-pdc-bits-a-side-by-side-comparison (дата обращения 01.06.2026)
5. Матричный инструмент: матричные долота PDC / ООО «Буринтех». – URL: https://burintekh.ru/products/rddt/impreg/ (дата обращения 01.06.2026)
6. Применение долот PDC на месторождениях Восточной и Западной Сибири / КиберЛенинка. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-dolot-pds-na-mestorozhdeniyah-vostochnoy-i-zapadnoy-sibiri (дата обращения 01.06.2026)
7. Особенности рынка буровых услуг России / Текарт. – 2024. – URL: https://techart.ru/files/publications/oil-gas-service-drilling_pub_2024.pdf (дата обращения 01.06.2026)
8. Импортозамещение в нефтегазовом комплексе России в условиях санкций / КиберЛенинка. – URL:https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-neftegazovom-komplekse-rossii-v-usloviyah-sanktsiy (дата обращения 01.06.2026)
9. Оптимизация конструкций долот PDC, направленная на повышение эффективности / ООО «Буринтех». – URL: https://burintekh.ru/upload/iblock/7ed/7ed2b6f29e8248ef0c6e7f53987d9313.pdf (дата обращения 01.06.2026)

Comparative assessment of the economic efficiency of PDC bits with steel and matrix bodies in the conditions of the Russian market

Polayeva G.B., Khuseynov R.V.
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (national research university)

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines key criteria for a comparative assessment of the economic efficiency of PDC bits with steel and matrix bodies as applied to the geological and technical conditions of Russian oil and gas fields. Based on an analysis of cost-per-meter (CPM), rate of penetration (ROP), bit durability, and repairability, it is shown that steel-body designs provide a competitive techno-economic result in soft and medium-hard formations of Western Siberia and the Volga region. The advantage of the steel body is additionally substantiated in the context of the import substitution policy, since its production does not require scarce tungsten carbide-based powder alloys whose supply was significantly curtailed after the 2022 sanctions.

Keywords: import substitution, cost per meter, PDC bit, steel body, matrix body, bit service, rate of penetration, Western Siberia.

References

1. Improving the efficiency of the drilling process using PDC bits / Oil and Gas Journal. – 2022. – URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/burenie/743050 (accessed 01.06.2026)
2. Import substitution in Russian oilfield services / N. Pashkin // Glavportal. – 2026. – URL: https://glavportal.com/materials/importozameshenie-v-rossijskom-nefteservise (accessed 01.06.2026)
3. IADC PDC bit: purpose, design, classification / MG Burenie. – 2023. – URL: https://mgbur.ru/pdc-iadc/ (accessed 01.06.2026)
4. Steel body vs. matrix body PDC bits: a side-by-side comparison / HNS Drillbit. – 2026. – URL: https://www.hnsdrillbit.com/ru/knowledge/steel-body-vs-matrix-body-pdc-bits-a-side-by-side-comparison (accessed 01.06.2026)
5. Matrix drilling tools: matrix PDC bits / Burintekh LLC. – URL: https://burintekh.ru/products/rddt/impreg/ (accessed 01.06.2026)
6. Application of PDC bits at Eastern and Western Siberia fields / CyberLeninka. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-dolot-pds-na-mestorozhdeniyah-vostochnoy-i-zapadnoy-sibiri (accessed 01.06.2026)
7. Features of the Russian drilling services market / Tekart. – 2024. – URL: https://techart.ru/files/publications/oil-gas-service-drilling_pub_2024.pdf (accessed 01.06.2026)
8. Import substitution in the Russian oil and gas sector under sanctions / CyberLeninka. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-neftegazovom-komplekse-rossii-v-usloviyah-sanktsiy (accessed 01.06.2026)
9. Optimization of PDC bit designs for improved drilling efficiency /Burintekh LLC. – URL:https://burintekh.ru/upload/iblock/7ed/7ed2b6f29e8248ef0c6e7f53987d9313.pdf (accessed 01.06.2026)

Гибридный метод обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак на вычислительные системы

Борисовская Ольга Викторовна
к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, borisovskaya.ov@rea.ru,

Борисовская Алена Алексеевна
аспирант, кафедра международной информационной безопасности, Московский государственный лингвистический университет имени Мориса Тореза, borisovsk0101@gmail.com

В статье рассматривается задача теоретической экстраполяции гибридного метода обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак, разработанного и апробированного в инфраструктуре открытого контура, на вычислительные системы закрытого контура – изолированные корпоративные и ведомственные сети, объекты критической информационной инфраструктуры (КИИ), государственные информационные системы (ГИС) и сети АСУ ТП. Показана несостоятельность допущения об отсутствии угроз доступности в закрытом контуре: нормативные документы ФСТЭК России (БДУ, Методика определения угроз) явно включают нагрузочные атаки внутреннего происхождения в перечень актуальных угроз для ГИС и значимых объектов КИИ. Классифицированы четыре вектора нагрузочного воздействия: умышленные действия внутреннего нарушителя, атаки через скомпрометированный узел, атаки на промышленные протоколы АСУ ТП и неумышленные нагрузочные воздействия. Обоснована математическая инвариантность целевой функции к источнику атаки; описана теоретическая адаптация CNN+LSTM к признаковому пространству внутрисетевого трафика с применением transfer learning; обосновано использование LLM-генерации синтетических данных как единственно реализуемого способа формирования обучающей выборки для закрытого контура. По результатам анализа четырёх репрезентативных сценариев сделан вывод о высокой теоретической применимости метода.

Ключевые слова: нагрузочные компьютерные атаки, закрытый контур, критическая информационная инфраструктура, CNN+LSTM, обнаружение аномалий сетевого трафика, большие языковые модели, трансферное обучение, АСУ ТП, внутренний нарушитель, верификация правил межсетевого экрана, SMT-решатель.

Введение

Нагрузочные компьютерные атаки типа DoS/DDoS, традиционно ассоциируемые с воздействием из внешней сети Интернет, представляют собой значительно более широкий класс угроз, источник которых может находиться как вне, так и внутри периметра защищаемой системы [1].

В российской практике вычислительные системы разграничиваются на открытый контур (с выходом в Интернет) и закрытый контур (изолированная сеть без прямого доступа к Интернет). К системам закрытого контура относятся: ГИС в соответствии с Приказом ФСТЭК России № 17 [2]; значимые объекты КИИ по ФЗ № 187 и Приказу ФСТЭК России № 239 [3, 4]; ведомственные сети органов государственной власти и силовых структур; промышленные сети АСУ ТП предприятий оборонного комплекса, атомной отрасли, энергетики и транспорта.

Распространённое допущение о том, что изолированность от Интернет нивелирует угрозы нарушения доступности, является методологически несостоятельным. Методика определения угроз безопасности информации ФСТЭК России [5] и БДУ ФСТЭК явно включают угрозы типа «нарушение доступности» (УБИ.052, УБИ.079) в перечень актуальных угроз для ГИС и объектов КИИ, не ограничивая их источником из внешней сети.

В работах авторов разработан и апробирован в облачной инфраструктуре открытого контура гибридный метод обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак, включающий:

- метод LLM-генерации обучающих данных;
- гибридную нейросетевую архитектуру CNN+LSTM для обнаружения аномалий трафика;
- LLM-генерацию правил межсетевого экрана;
- формальную верификацию правил через SMT-решатель Z3.

Точность обнаружения превысила 99,4%, время восстановления пропускной способности — 3–12 с, доступность сервисов — не ниже 99,3% при интенсивных атаках.

Цель статьи – теоретическое обоснование применимости метода к защите вычислительных систем закрытого контура. Задачи:

- классификация нагрузочных угроз закрытого контура;
- доказательство инвариантности математической модели к источнику атаки;
- теоретическое обоснование адаптации CNN+LSTM;
- обоснование применимости LLM-генерации к синтезу данных закрытого контура;
- оценка эффективности метода в ключевых сценариях нагрузочных воздействий.

Специфика нагрузочных угроз в вычислительных системах закрытого контура

Под закрытым контуром понимается вычислительная система, не имеющая прямого подключения к Интернет и функционирующая в условиях строгого контроля периметра с ограниченным множеством точек входа, строгой политикой управления носителями и регламентированным составом разрешённых протоколов.

Несмотря на изоляцию, нагрузочные воздействия в закрытом контуре идентичны DDoS-атакам из Интернет по механизму и последствиям — источник лишь локализован внутри периметра. С формальной точки зрения, любой поток трафика, создающий перегрузку ресурса и ограничивающий доступность, является нагрузочной атакой независимо от источника [6].

Анализ банка данных угроз ФСТЭК России, отраслевых стандартов по защите АСУ ТП и экспертных публикаций [5, 6, 7] позволяет выделить четыре основных вектора нагрузочных атак, актуальных для закрытого контура.

Вектор 1. Внутренний нарушитель (умышленное нагрузочное воздействие). Сотрудник с легальным доступом к сети способен инициировать нагрузочное воздействие. В зависимости от уровня привилегий: нарушитель с правами пользователя воздействует в пределах доступных сетевых ресурсов; нарушитель с административными привилегиями вносит конфигурационные изменения, создающие нагрузочные петли. Данные угрозы квалифицируются в БДУ ФСТЭК как УБИ.052 и УБИ.079 — высокий уровень критичности для КИИ.

Вектор 2. Скомпрометированный узел (автоматизированное воздействие). Вредоносное ПО, проникшее через съёмные носители, заражён-

ные обновления (Supply Chain Attack) или аппаратные закладки, использует рабочую станцию для автоматизированного сканирования сети и генерации нагрузочного трафика без непосредственного участия нарушителя. Прецеденты — Stuxnet (2010) и TRISIS/Triton (2017) — подтверждают реализуемость вектора в промышленных изолированных сетях КИИ [8].

Вектор 3. Атаки на промышленные протоколы (специализированное воздействие на АСУ ТП). Промышленные протоколы (Modbus/TCP, OPC-UA/IEC 62541, PROFINET, DNP3, МЭК 60870-5-104) проектировались с акцентом на функциональную надёжность без должного внимания к нагрузочным атакам [9]. Контроллеры ПЛК и OPC-UA серверы не имеют встроенной защиты от флуда запросов: перегрузка ведёт к потере телеметрии и управляющих воздействий, угрожая не только информационной, но и функциональной безопасности (Safety) объекта.

Вектор 4. Неумышленные нагрузочные воздействия (непреднамеренные). Широковещательные штормы при мисконфигурации STP, массовые синхронные обновления ОС, одновременные сборы телеметрии АСУ ТП — по последствиям неотличимы от умышленных атак и требуют идентичного механизма обнаружения и нейтрализации [6].

Методика определения угроз ФСТЭК России [5] предписывает оценивать актуальность угроз доступности для всех категорий информационных систем — как подключённых к Интернет, так и полностью изолированных. Это нормативно подтверждает обязательность защиты от нагрузочных атак для операторов значимых объектов КИИ.

Инвариантность математической модели метода к источнику нагрузочной атаки

В основе метода лежит оптимизационная постановка задачи восстановления пропускной способности. Целевая функция:

$F = \alpha \cdot T_leg + \beta \cdot A_sys - \gamma \cdot C_comp - \delta \cdot T_mal \rightarrow max,$

где T_leg – нормированный объём обработанного легитимного трафика (Мбит/с); A_sys – нормированная доступность системы для легитимных пользователей; C_comp – нормированные вычислительные затраты на применение метода нейтрализации; T_mal – нормированный объём пропущенного вредоносного трафика; α, β, γ, δ – весовые коэффициенты, удовлетворяющие условию $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$.

Ни в целевой функции, ни в ограничениях задачи нет параметра, идентифицирующего источник трафика как внешний или внутренний: модель оперирует исключительно характеристиками трафика и состоянием системы. Это составляет математическую инвариантность целевой функции к источнику воздействия.

Формально: поток $F = \{f_1, \ldots, f_n\}$, каждый f_i характеризуется вектором $x_i = (v_i, p_i, s_i, \Delta t_i)$ — нормированный объём пакетов, протокол, средний размер пакета, IAT. Классификатор $G : x_i \rightarrow \{0, 1\}$ принимает решение исключительно на основе x_i, не используя IP-адрес источника или направление трафика. При идентичных x_i результат классификации идентичен вне зависимости от того, генерируется ли поток внешним или внутренним узлом.

Аналогичная инвариантность присуща механизму нейтрализации (LLM+Z3): он оперирует формальными свойствами правил фильтрации и не содержит допущений о направлении трафика — будь то ingress или inter-segment. Правило «ограничить интенсивность трафика с узла X на порт Y до R пакетов/с» одинаково применимо к внешнему и внутреннему источнику.

Таким образом, целевая функция и механизм генерации правил МЭ не требуют модификации при переносе на закрытый контур. Изменения необходимы лишь в компонентах, работающих с признаковым пространством и обучающими данными, что существенно упрощает задачу адаптации.

Адаптация нейросетевой компоненты cnn+lstm к трафику закрытого контура

Архитектура CNN+LSTM реализует совместный анализ пространственных и временных признаков трафика: CNN извлекает локальные паттерны из скользящего окна наблюдения, LSTM моделирует долгосрочные временные зависимости [10]. Входной тензор размерности ($T \times n$), где $T = 60$ — размер окна, $n = 15$ — число признаков.

Базовое признаковое пространство включает универсальные статистические характеристики и признаки TLS-трафика открытого контура. Для закрытого контура необходима адаптация по четырём направлениям.

Направление 1. Включение признаков промышленных протоколов. Для АСУ ТП признаковое пространство расширяется: тип и нормированная частота функционального кода Modbus; число активных OPC-UA сессий и частота Subscribe-запросов; нормированное отклонение IAT от профиля циклического опроса ПЛК (в штатном режиме IAT строго детерминирован — любое отклонение является потенциальной аномалией); коэффициент соотношения Write- к Read-запросам (при Modbus flood доля Write аномально высока).

Направление 2. Адаптация для ведомственных изолированных сетей. Информативные признаки: нормированное число запросов к контроллеру домена (LDAP/Kerberos) с одного узла; частота аутентификационных отказов (Password Spraying как нагрузочный вектор); отношение широковещательных кадров к общему трафику сегмента (признак broadcast storm).

Направление 3. Transfer learning. Прямое применение модели, обученной на трафике открытого контура, к закрытому приводит к деградации качества вследствие расхождения распределений $D_KL(P_open \,||\, P_closed)$. Transfer learning предполагает сохранение весов нижних слоёв CNN при дообучении верхних слоёв LSTM и выходного классификатора на трафике закрытого контура [11]. Подход позволяет достичь приемлемого качества при объёме данных для дообучения на порядок меньшем, чем для обучения с нуля.

Направление 4. Настройка временного окна. Циклы опроса ПЛК в АСУ ТП составляют 10–500 мс — значительно короче TLS-сессий открытого контура. Оптимальное значение T для промышленного трафика может быть существенно меньше базовых 60 шагов, что снижает вычислительную сложность и ускоряет реакцию на атаки. Для корпоративных изолированных сетей T остаётся в исходных пределах.

Применение метода llm-генерации обучающих данных для закрытого контура

Ключевой проблемой применения нейросетевых методов к трафику закрытого контура является нехватка обучающих данных. В отличие от открытых сетей с публично доступными датасетами (CIC-DDoS2019, UNSW-NB15, CAIDA) [12], трафик изолированных ведомственных и промышленных сетей в открытый доступ не поступает вследствие конфиденциальности.

Метод LLM-генерации синтетических данных решает данную проблему: LLM генерирует реалистичные записи потоков, имитирующие нормальный трафик и паттерны нагрузочных атак. Этапы метода, разработанные для открытого контура, применимы к закрытому при адаптации входных данных.

Применительно к закрытому контуру метод LLM-генерации реализуется в следующей последовательности шагов.

Шаг 1. Формирование профиля среды. Оператор предоставляет LLM деперсонализированное описание архитектуры: типы сегментов, протоколы, базовые паттерны трафика. Описание не содержит конфиденциальных деталей, что обеспечивает безопасность шага. LLM формирует структурированный профиль штатного трафика.

Шаг 2. Генерация легитимного трафика. LLM генерирует статистически корректные записи для типичных взаимодействий закрытого контура: TCP-сессии АРМ, Modbus/TCP-опрос ПЛК с детерминированными IAT, OPC-UA Subscribe, LDAP/Kerberos-аутентификация, NTP — в формате CSV/JSON, совместимом с пайплайном обучения без его модификации.

Шаг 3. Инжекция аномалий. На основе MITRE ATT&CK for ICS [13], БДУ ФСТЭК и ГОСТ Р 56939 LLM генерирует аномальные потоки четырёх векторов: UDP-флуд на DNS, Modbus-флуд на ПЛК, ARP-шторм, SYN-флуд на контроллер домена — не менее 5000 записей на тип с вариативными параметрами (интенсивность, продолжительность, сигнатура).

Шаг 4. Валидация и аугментация. Данные проходят валидацию по критерию Колмогорова-Смирнова и Jensen-Shannon divergence; применяется аугментация (рандомизация IAT ±5%, вариация размеров пакетов, фоновый шум) для повышения устойчивости модели.

Принципиальное преимущество — получение специализированных данных без захвата реального трафика из защищённой сети, исключая риск утечки. Метод LLM-генерации является единственно реализуемым способом формирования обучающей выборки для закрытого контура [7].

Теоретические сценарии нагрузочных атак закрытого контура и оценка применимости метода

Рассмотрим четыре репрезентативных сценария, соответствующих выделенным в разделе 2 векторам нагрузочных воздействий.

Сценарий 1. Внутренний UDP-флуд на DNS-сервер. Вредоносное ПО с заражённой рабочей станции генерирует ~50 000 UDP-пакетов/с на внутренний DNS-сервер (порт 53), вызывая исчерпание очереди обработчика и потерю разрешения имён.

CNN+LSTM обнаруживает аномалию по росту дисперсии IAT, UDP ratio > 0,7 и аномальному числу пакетов с одного IP. LLM генерирует

правило rate-limit на UDP/53 с белым списком DNS-резолверов; Z3 верифицирует отсутствие конфликтов. Задержка обнаружения: ~80–120 мс; восстановление: 5–15 с.

Сценарий 2. Flood-атака на OPC-UA сервер АСУ ТП. Внутренний нарушитель с правами инженера генерирует ~10 000 OPC-UA Subscribe-запросов/с (норма: 100–500/с), исчерпывая сессионные ресурсы сервера и нарушая телеметрию технологического оборудования.

CNN+LSTM с признаками OPC-UA (число сессий, частота Subscribe, IAT-отклонение) обнаруживает аномалию. LLM генерирует правило ограничения числа сессий OPC-UA с одного IP и rate-limit на Subscribe; Z3 верифицирует непротиворечивость для легитимных инженерных станций. Задержка обнаружения несколько выше (~150–200 мс) вследствие меньшей базовой интенсивности промышленного трафика.

Сценарий 3. Широковещательный шторм (STP-петля). Отключение STP на коммутаторе создаёт широковещательную петлю: объём кадров экспоненциально нарастает и через 20–30 с достигает физической пропускной способности (1–10 Гбит/с), вытесняя легитимный трафик. CNN+LSTM идентифицирует аномалию по экспоненциальному росту доли широковещательных кадров и IAT-дисперсии во всех потоках. LLM генерирует правило изоляции порта коммутатора; Z3 верифицирует сохранение связности критических узлов согласно политике доступности. Метод выполняет функцию как защитного механизма, так и диагностического инструмента.

Сценарий 4. SYN-флуд на контроллер домена. Нарушитель с правами пользователя генерирует ~100 000 SYN-пакетов/с на порты LDAP (389/636) и Kerberos (88), исчерпывая таблицу полуоткрытых TCP-соединений и вызывая массовые отказы аутентификации.

CNN+LSTM обнаруживает SYN ratio > 0,8 и аномальное число незавершённых TCP-сессий. LLM генерирует правило «SYN cookies + rate-limit на портах 389, 636, 88 с белым списком контроллеров домена»; Z3 верифицирует корректность LDAP-репликаций. Сценарий наиболее близок к классическому SYN-флуду открытого контура и демонстрирует наибольшую ожидаемую эффективность.

По всем четырём сценариям теоретически обоснована применимость метода. Наивысшая ожидаемая точность (> 99%) — для SYN-флуда на контроллер домена; наибольшая степень адаптации — для атак на промышленные протоколы и L2-атак (broadcast storm), однако и в этих случаях точность превышает 92%, что соответствует требованиям ФСТЭК России к объектам КИИ (Приказ № 239).

Заключение

В статье решена задача теоретического обоснования применимости гибридного метода обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак к вычислительным системам закрытого контура. Показана несостоятельность тезиса об отсутствии угроз доступности в закрытом контуре: нормативная база ФСТЭК России (БДУ, Методика определения угроз) закрепляет нагрузочные атаки как актуальные угрозы для ГИС и объектов КИИ вне зависимости от интернет-подключения. Классифицированы четыре вектора атак. Математически обоснована инвариантность целевой функции к источнику атаки; формально показано, что классификатор CNN+LSTM принимает решение на основе вектора признаков трафика, а механизм LLM+Z3 оперирует свойствами правил, не зависящими от направления трафика.

Определены направления адаптации CNN+LSTM: расширение признакового пространства характеристиками промышленных протоколов (Modbus, OPC-UA) и сервисов (LDAP, Kerberos); применение transfer learning; настройка временного окна. Метод LLM-генерации синтетических данных обоснован как единственно реализуемый способ формирования обучающей выборки при недоступности открытых датасетов и требованиях конфиденциальности.

По результатам анализа четырёх сценариев ожидаемая точность детекции составляет от 92% (L2-атаки) до 99% (SYN-флуд), что соответствует требованиям ФСТЭК России к значимым объектам КИИ.

Направления дальнейших исследований: экспериментальная апробация на стенде с сегментом АСУ ТП; разработка специализированных датасетов промышленных протоколов на основе LLM-генерации; исследование SMT-верификации для правил межсегментной фильтрации; оценка применимости к защите данных государственной тайны от атак на доступность.

Литература

1. Зегжда Д.П., Информационная безопасность цифровой экономики. – СПб.: Политех-пресс, 2021. – 312 с.
2. Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 № 17 «Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах». – М.: ФСТЭК России, 2013.
3. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». – М.: Государственная Дума РФ, 2017.
4. Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». – М.: ФСТЭК России, 2017.
5. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах / ФСТЭК России. – М.: ФСТЭК России, 2021. – 119 с.
6. Котенко И.В., Коновалов А.М. Мультиагентные технологии в задачах защиты компьютерных сетей // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 14–26.
7. Галаценко О.В. Методы обнаружения аномалий в сетевом трафике корпоративных информационных систем // Вопросы кибербезопасности. – 2023. – № 4. – С. 38–47.
8. Langner R. Stuxnet: Dissecting a cyberwarfare weapon // IEEE Security & Privacy. – 2011. – Vol. 9, No. 3. – P. 49–51.
9. Stouffer K., Falco J., Scarfone K. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. NIST Special Publication 800-82 Revision 2. – Gaithersburg: NIST, 2015. – 247 p.
10. Liu H., Lang B. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey // Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9. – P. 4396.
11. Pan S. J., Yang Q. A survey on transfer learning // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2010. – Vol. 22, No. 10. – P. 1345–1359.
12. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2018). – 2018. – P. 108–116.
13. MITRE ATT&CK for ICS. MITRE Corporation [Electronic resource]. – URL: https://attack.mitre.org/matrices/ics/ (access date: 10.03.2026).

A hybrid method for detecting and militerating load-based computer attacks on computing systems

Borisovskaya O.V., Borisovskaya A.A.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow State Linguistic University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article examines the theoretical extrapolation of a hybrid method for detecting and mitigating load-based attacks, developed and tested in an open-loop infrastructure, to closed-loop computing systems—isolated corporate and departmental networks, critical information infrastructure (CII) facilities, government information systems (GIS), and ICS networks. The assumption of the absence of availability threats in closed-loop environments is shown to be untenable: regulatory documents of the Federal Service for Technical and Export Control of Russia (FSTEC of Russia, Threat Identification Methodology) explicitly include internal load-based attacks among the current threats to GIS and critical CII facilities. Four load-based attack vectors are classified: intentional actions of an insider, attacks through a compromised node, attacks on industrial ICS protocols, and unintentional load-based attacks. The mathematical invariance of the objective function to the attack source is substantiated; a theoretical adaptation of CNN+LSTM to the feature space of intranetwork traffic using transfer learning is described; the use of LLM generation of synthetic data as the only feasible method for forming a training set for a closed loop is justified. Based on the analysis of four representative scenarios, a conclusion is made about the high theoretical applicability of the method.

Keywords: computer load attacks, closed loop, critical information infrastructure, CNN+LSTM, network traffic anomaly detection, large language models, transfer learning, ICS, insider; firewall rule verification, SMT solver.

References

1. Zegzhda, D.P., Information Security of the Digital Economy. St. Petersburg: Politech-Press, 2021, 312 p.
2. Order of the Federal Service for Technical and Export Control of Russia dated February 11, 2013, No. 17 "On Approval of Requirements for the Protection of Information That Does Not Constitute a State Secret, Contained in State Information Systems." Moscow: FSTEC of Russia, 2013.
3. Federal Law dated July 26, 2017, No. 187-FZ "On the Security of Critical Information Infrastructure of the Russian Federation." Moscow: State Duma of the Russian Federation, 2017.
4. Order of the Federal Service for Technical and Export Control of Russia dated December 25, 2017, No. 239 "On Approval of Requirements for Ensuring the Security of Significant Objects of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation." – M.: FSTEC of Russia, 2017.
5. Methodology for Determining Information Security Threats in Information Systems / FSTEC of Russia. – M.: FSTEC of Russia, 2021. – 119 p.
6. Kotenko I.V., Konovalov A.M. Multi-agent Technologies in Computer Network Protection Problems // Bulletin of SFedU. Technical Sciences. – 2022. – No. 2. – pp. 14–26.
7. Galatsenko O.V. Methods for Detecting Anomalies in Network Traffic of Corporate Information Systems // Cybersecurity Issues. – 2023. – No. 4. – pp. 38–47.
8. Langner R. Stuxnet: Dissecting a Cyberwarfare Weapon // IEEE Security & Privacy. – 2011. – Vol. 9, No. 3. – pp. 49–51.

Снижение экономических потерь сетевой (цифровой) компании от нагрузочных компьютерных атак на основе гибридного нейросетевого метода

Борисовская Ольга Викторовна
к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, borisovskaya.ov@rea.ru,

Борисовская Алена Алексеевна
аспирант, кафедра международной информационной безопасности, Московский государственный лингвистический университет имени Мориса Тореза, borisovsk0101@gmail.com

Нарушение доступности каналов связи является одним из наиболее экономически значимых рисков сетевой (цифровой) компании: простой цифровых сервисов влечёт прямые потери выручки, штрафные санкции по соглашениям об уровне обслуживания (SLA) и отток клиентов. В статье предложен и экономически обоснован гибридный метод противодействия нагрузочным компьютерным атакам, объединяющий генерацию обучающих данных большими языковыми моделями (LLM), обнаружение аномалий трафика нейросетью CNN+LSTM, автоматическую генерацию правил межсетевого экрана дообученной LLM и их формальную верификацию SMT-решателем Z3. Сформирована методика оценки предотвращённого ущерба, связывающая технические метрики метода (время обнаружения, время восстановления пропускной способности, точность классификации) с финансовыми показателями компании. Расчёт на типовом профиле цифровой компании с годовой выручкой цифровых каналов 1 млрд руб. показывает: внедрение метода сокращает эффективное время простоя более чем в 35 раз, предотвращённый ущерб составляет около 3,4 млн руб. в год, рентабельность инвестиций превышает 200% в первый год при сроке окупаемости около четырёх месяцев. Совокупная стоимость владения решением сопоставима или ниже стоимости подписки на коммерческие сервисы защиты от DDoS-атак при обеспечении технологической независимости.

Ключевые слова: нагрузочные компьютерные атаки, DDoS, сетевая (цифровая) компания, экономические потери, предотвращённый ущерб, CNN+LSTM, большие языковые модели, генерация обучающих данных, SMT-решатель.

Введение

Современная сетевая (цифровая) компания представляет собой цифровую экосистему, в которой бизнес-процессы, технологии и участники взаимодействуют как единое целое на основе принципов цифровизации и в условиях экономики 4.0 [1]. Доступность каналов связи для такой компании является не только технической, но и экономической категорией: недоступность цифровых сервисов означает остановку продаж, транзакций и производственных процессов, то есть прямые финансовые потери.

Нагрузочные компьютерные атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS/DDoS) остаются одной из наиболее динамично развивающихся киберугроз. В 2025 году зафиксировано более 47,1 млн атак – рост на 121% по сравнению с 2024 годом, при этом рекордная атака достигла мощности 31,4 Тбит/с [2]; восемь из десяти атак приходятся на прикладной уровень (L7) [3]. Атаки становятся короче, но интенсивнее: медианная продолжительность сократилась с 23 до 14 минут при росте пиковой пакетной скорости на 41% [4], что предъявляет жёсткие требования к скорости обнаружения и нейтрализации.

Экономический масштаб проблемы подтверждается динамикой рынка: мировой рынок решений по защите от DDoS-атак, оценивавшийся в 3,9 млрд долл. в 2022 году, по прогнозам достигнет 7,3 млрд долл. к 2027 году [5]. По данным отраслевых опросов, для 90% средних и крупных компаний стоимость одного часа простоя критичных сервисов превышает 300 тыс. долл. [6]. При этом в научной литературе сохраняется разрыв: подавляющее большинство работ сосредоточено на обнаружении атак, тогда как задачи их автоматической нейтрализации и оценки экономического эффекта защиты исследованы значительно слабее; качество открытых обучающих датасетов не отражает реальную динамику корпоративного трафика.

В работах авторов разработан, программно реализован и апробирован в облачной инфраструктуре гибридный метод обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак [7, 8], включающий LLM-генерацию обучающих данных, нейросетевую архитектуру CNN+LSTM, автоматическую генерацию правил межсетевого экрана большой языковой моделью и их формальную верификацию SMT-решателем Z3. Точность обнаружения превысила 99,4%, время восстановления пропускной способности составило 3–12 с, доступность сервисов – не ниже 99,3% при интенсивных атаках.

Цель статьи – экономическое обоснование внедрения метода: построение модели оценки потерь цифровой компании от нагрузочных атак и предотвращённого ущерба, связывающей технические метрики метода с финансовыми показателями. Задачи: структурировать экономические потери от нарушения доступности; описать компоненты метода как драйверы экономического эффекта; привести результаты экспериментальной апробации; построить модель предотвращённого ущерба и выполнить расчёт рентабельности инвестиций (ROI) и срока окупаемости на типовом профиле компании; сравнить совокупную стоимость владения (TCO) с коммерческими альтернативами.

Структура экономических потерь цифровой компании от нагрузочных атак

Потери сетевой (цифровой) компании от нарушения доступности каналов связи включают следующие составляющие: прямые потери выручки цифровых каналов за время недоступности; штрафные санкции по SLA перед клиентами и партнёрами; репутационные потери – отток клиентов и рост стоимости их привлечения; операционные затраты на реагирование и восстановление; регуляторные риски – для субъектов критической информационной инфраструктуры невыполнение требований по обеспечению доступности влечёт ответственность в соответствии с Федеральным законом № 187-ФЗ [9] и Приказом ФСТЭК России № 239 [10].

Структура потерь зависит от бизнес-модели компании: для электронной коммерции и маркетплейсов доминируют прямые потери выручки и переток покупателей к конкурентам; для финтех-компаний – штрафы по SLA и регуляторные риски; для B2B-платформ и SaaS-провайдеров – договорные неустойки и репутационные потери, влияющие на продление контрактов. Во всех случаях потери растут нелинейно с

продолжительностью простоя: недоступность в пределах секунд практически не воспринимается пользователями, тогда как простой свыше нескольких минут приводит к уходу части клиентов и публичной огласке инцидента. Это обстоятельство принципиально для оценки эффекта: средство защиты, сокращающее простой с десятков минут до секунд, переводит инцидент из категории экономически значимых в категорию практически незаметных для бизнеса.

Экономические потери от одной нагрузочной атаки формализуются выражением:

$$L_a = R_h \cdot k_p \cdot k_q \cdot T_d + C_{SLA} + C_{rep} + C_{ops},$$

где R_h – среднечасовая выручка цифровых каналов компании; k_p – коэффициент пиковости (атаки, как правило, приурочены к периодам максимальной нагрузки); k_q – доля безвозвратно потерянной выручки (часть спроса откладывается и реализуется после восстановления); T_d – эффективное время недоступности сервисов, ч; C_{SLA} – штрафы по SLA; C_{rep} – репутационные издержки; C_{ops} – операционные затраты на реагирование. Годовые потери равны сумме потерь по всем N_a инцидентам года.

Ключевым управляемым параметром модели является T_d: оно складывается из времени обнаружения атаки, времени принятия решения и времени нейтрализации. Именно на минимизацию этих слагаемых направлен рассматриваемый гибридный метод, поэтому его технические метрики напрямую конвертируются в снижение экономических потерь.

Гибридный метод обнаружения и нейтрализации нагрузочных атак

Метод образует замкнутый цикл «данные – обнаружение – нейтрализация – верификация» и включает четыре компонента [7, 8].

Компонент 1. LLM-генерация обучающих данных. Большая языковая модель формирует синтетические записи сетевых потоков, имитирующие легитимный трафик и паттерны атак, преодолевая ограничения открытых датасетов (статичность и устаревание CIC-DDoS2019 [11]). Качество данных подтверждается критерием Колмогорова–Смирнова и дивергенцией Йенсена–Шеннона. Экономическое значение компонента – исключение затрат на приобретение и ручную разметку обучающих данных.

Компонент 2. Гибридная нейросетевая модель CNN+LSTM [12, 13]. На вход подаётся тензор признаков потока трафика (окно 60 шагов × 15 признаков): свёрточные слои выявляют локальные аномалии (всплески мелких пакетов), LSTM-слой моделирует долгосрочные зависимости (нарастание нагрузки); выход – вероятность атаки с порогом срабатывания 0,85. Модель работает по метаданным потоков, что обеспечивает применимость к зашифрованному TLS-трафику без компрометации конфиденциальности.

Компонент 3. LLM-генерация правил межсетевого экрана. Дообученная методом LoRA языковая модель (Mistral, Qwen2) по контексту атаки (IP-диапазон, порт, протокол, частота пакетов) автоматически формирует правила фильтрации iptables/nftables, заменяя ручную работу дежурного инженера.

Компонент 4. Формальная верификация SMT-решателем Z3. Каждое сгенерированное правило проверяется на непротиворечивость действующей политике, сохранение белых списков и доступности критических сервисов; предусмотрен градуированный откат правил (DROP → RATE_LIMIT → REMOVE) по TTL и по ложным срабатываниям. Верификация исключает ситуацию, когда защитное правило само блокирует легитимных клиентов и генерирует потери.

В основе метода лежит оптимизационная постановка с целевой функцией:

$$F = \alpha \cdot T_{leg} + \beta \cdot A_{sys} - \gamma \cdot C_{comp} - \delta \cdot T_{mal} \rightarrow max,$$

где T_{leg} – нормированный объём обработанного легитимного трафика; A_{sys} – доступность системы для легитимных пользователей; C_{comp} – вычислительные затраты на нейтрализацию; T_{mal} – объём пропущенного вредоносного трафика; α, β, γ, δ – весовые коэффициенты ($\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$). Целевая функция по существу экономическая: она максимизирует обработку выручкогенерирующего трафика при минимизации затрат ресурсов, то есть формализует тот же баланс, что и финансовая модель потерь раздела 2.

Результаты экспериментальной апробации метода

Экспериментальная апробация выполнена в облачной инфраструктуре Yandex Cloud на стенде, включающем целевой сервер, 2–5 узлов генерации атак, выделенный узел машинного обучения и систему мониторинга Prometheus + Grafana. Поддержано 13 типов атак, в том числе SYN/ACK/UDP-флуд, амплификационные атаки (DNS, NTP, LDAP), HTTP/HTTPS-флуд и сложные TLS-ориентированные сценарии (TLS Handshake Flood, HTTP/2 Rapid Reset).

Получены следующие результаты: точность обнаружения (Accuracy) – 99,4%, F1-мера – 0,985, среднее время обнаружения – менее 85 мс; при интенсивных атаках до 15–20 Гбит/с пропускная способность для легитимных пользователей восстанавливалась на 87–94% в течение 3–12 секунд после обнаружения; доступность критических сервисов сохранялась на уровне не ниже 99,3%. Уровень ложных срабатываний оказался существенно ниже, чем у моделей, обученных только на стандартных открытых датасетах.

Для экономической модели существенны три метрики: время обнаружения (менее 0,1 с), время восстановления пропускной способности (3–12 с) и остаточная деградация канала на время атаки (6–13%). В совокупности они определяют эффективное время простоя T_d, через которое технический результат конвертируется в финансовый.

Модель оценки предотвращённого ущерба и расчёт на типовом профиле

Предотвращённый ущерб определяется как разность годовых потерь в базовом сценарии и в сценарии с внедрённым методом: $\Delta L = L_{баз} - L_{метод}$. В базовом сценарии (типовая практика без специализированной автоматизации) атака обнаруживается по жалобам пользователей или сигналам мониторинга за 10–15 минут, после чего следует ручной анализ и настройка фильтрации (30–60 минут); консервативно принимаем $T_d \approx 1$ ч на инцидент.

В сценарии с внедрённым методом эффективное время простоя определяется выражением:

$$T_d = T_{обн} + T_{восст} + (1 - \eta) \cdot T_{атаки},$$

где $\eta = 0{,}87–0{,}94$ – доля восстановленной пропускной способности; $T_{атаки}$ – медианная продолжительность атаки (14 минут [4]). Подстановка экспериментальных значений даёт $T_d \approx 0{,}1$ с + 12 с + 0,1 · 840 с ≈ 96 с ≈ 0,027 ч – сокращение более чем в 35 раз по сравнению с базовым сценарием.

Расчёт выполнен на типовом профиле цифровой компании (оценочные параметры по данным отраслевой статистики [2, 6, 14]): годовая выручка цифровых каналов V = 1 млрд руб.; среднечасовая выручка $R_h = V / 8760 \approx 114$ тыс. руб./ч; коэффициент пиковости $k_p = 2$; доля безвозвратных потерь $k_q = 0{,}6$; число значимых атак $N_a = 12$ в год; косвенные издержки базового сценария ($C_{SLA} + C_{rep} + C_{ops}$) ≈ 150 тыс. руб. на инцидент. Результаты расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение базового сценария и сценария с внедрённым методом

Показатель	Базовый сценарий	С внедрённым методом
Эффективное время простоя на инцидент, ч	≈ 1,0	≈ 0,027
Прямые потери выручки на инцидент, тыс. руб.	136,8	3,7
Косвенные издержки на инцидент, тыс. руб.	150	≈ 0 (SLA не нарушается)
Годовые потери (12 инцидентов), млн руб.	3,44	0,05
Предотвращённый ущерб ΔL, млн руб./год	—	≈ 3,4

Следует подчеркнуть консервативность полученной оценки. В расчёте не учтены долгосрочные эффекты оттока клиентов, возможные регуляторные санкции, а также вероятность атак рекордной интенсивности, при которых ручная нейтрализация может занимать несколько часов. Учёт этих факторов увеличивает величину предотвращённого ущерба, поэтому приведённое значение следует рассматривать как нижнюю границу экономического эффекта.

Оценка экономической эффективности внедрения

Совокупная стоимость владения решением складывается из единовременных затрат на интеграцию и настройку готового программного комплекса (≈ 400 тыс. руб.; стек реализации – Python, TensorFlow, локальные LLM – не требует лицензионных отчислений) и эксплуатационных затрат: выделенный вычислительный узел ≈ 300 тыс. руб./год, сопровождение силами 0,1–0,2 ставки инженера ИБ ≈ 250–400 тыс. руб./год. ТСО первого года ≈ 1,0–1,1 млн руб., последующих лет – 0,6–0,7 млн руб.

Рентабельность инвестиций по методике оценки возврата вложений в информационную безопасность [15] составляет $ROI = (\Delta L - TCO) / TCO \approx (3{,}4 - 1{,}1) / 1{,}1 \approx 210\%$ в первый год и около 390% в последующие годы; срок окупаемости – около четырёх месяцев. Эффект линейно растёт с выручкой цифровых каналов и числом атак: порог безубыточности достигается при V ≈ 0,3 млрд руб./год (при $N_a = 12$) либо при $N_a \approx 4$ (при V = 1 млрд руб./год).

Сравнение с альтернативами. Подписка на коммерческие сервисы защиты от DDoS-атак уровней L3–L7 для среднего и крупного бизнеса

оценивается в 1,2–3,6 млн руб./год [14]; при этом облачная фильтрация требует вывода трафика во внешний контур, что неприемлемо для ряда субъектов КИИ, и не покрывает атаки из внутренних сегментов сети. Разработанный метод обеспечивает сопоставимую или меньшую стоимость владения при технологической независимости от зарубежных провайдеров и применимости в изолированных (закрытых) контурах [8].

Дополнительные источники экономического эффекта: исключение затрат на приобретение и ручную разметку обучающих датасетов (разметка 100 тыс. записей потоков оценивается в 2–3 человеко-месяца); сокращение трудозатрат дежурной смены за счёт автоматической генерации и верификации правил; снижение издержек ложных срабатываний благодаря формальной верификации Z3 – ошибочная блокировка легитимного клиента сама по себе означает потерю выручки; для субъектов КИИ – снижение регуляторных рисков по 187-ФЗ [9] и Приказу ФСТЭК России № 239 [10].

Заключение

В статье выполнено экономическое обоснование внедрения гибридного нейросетевого метода обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак в инфраструктуру сетевой (цифровой) компании. Построена модель потерь, связывающая технические метрики защиты с финансовыми показателями; показано, что ключевым управляемым драйвером потерь является эффективное время простоя сервисов.

Экспериментально подтверждённые характеристики метода (точность обнаружения 99,4%, время обнаружения менее 85 мс, восстановление 87–94% пропускной способности за 3–12 с) сокращают эффективное время простоя более чем в 35 раз. На типовом профиле цифровой компании с выручкой цифровых каналов 1 млрд руб./год предотвращённый ущерб оценивается в 3,4 млн руб. в год, рентабельность инвестиций превышает 200% в первый год, срок окупаемости составляет около четырёх месяцев. Совокупная стоимость владения решением сопоставима или ниже подписки на коммерческие сервисы защиты при обеспечении технологической независимости и применимости в закрытых контурах.

Направления дальнейших исследований: уточнение параметров модели по данным промышленных внедрений; учёт долгосрочных эффектов оттока клиентов через показатель пожизненной ценности клиента (CLV); разработка отраслевых калькуляторов ущерба от нарушения доступности; распространение оценки на значимые объекты критической информационной инфраструктуры.

Литература

1. Зегжда Д.П. Информационная безопасность цифровой экономики. – СПб.: Политех-пресс, 2021. – 312 с.
2. Cloudflare. 2025 Q4 DDoS Threat Report: A Record-Setting 31.4 Tbps Attack Caps a Year of Massive DDoS Assaults [Электронный ресурс]. – URL: https://blog.cloudflare.com/ddos-threat-report-2025-q4/ (дата обращения: 10.06.2026).
3. Akamai. Apps, APIs, and DDoS 2026: Prepare for the Convergence Crisis. State of the Internet / Security Report. – Cambridge: Akamai Technologies, 2026 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.akamai.com/lp/soti/app-api-ddos-security-report-2026 (дата обращения: 10.06.2026).
4. Flowtriq. State of DDoS 2026: Annual Threat Report [Электронный ресурс]. – URL: https://flowtriq.com/state-of-ddos (дата обращения: 10.06.2026).
5. MarketsandMarkets. DDoS Protection and Mitigation Security Market – Global Forecast to 2027. – MarketsandMarkets Research, 2023.
6. ITIC 2024 Hourly Cost of Downtime Report. – Information Technology Intelligence Consulting, 2024 [Электронный ресурс]. – URL: https://itic-corp.com/itic-2024-hourly-cost-of-downtime-report/ (дата обращения: 10.06.2026).
7. Борисовская А.А. Возможности обнаружения и предотвращения нагрузочных сетевых атак методом мониторинга сетевого интерфейса // Инжиниринг предприятий и управление знаниями. – 2024.
8. Борисовская А.А. Комплекс ПО для автоматического обнаружения и нейтрализации нагрузочных компьютерных атак: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М., 2025.
9. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». – М.: Государственная Дума РФ, 2017.
10. Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». – М.: ФСТЭК России, 2017.
11. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2018). – 2018. – P. 108–116.
12. Liu H., Lang B. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey // Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9. – P. 4396.
13. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
14. Qrator Labs. DDoS-атаки, боты и BGP-инциденты в 2024 году: статистика и тренды [Электронный ресурс]. – URL: https://blog.qrator.net/ru/ddos-boty-i-bgp-incidenty-v-2024-godu-statistika-i_210/ (дата обращения: 10.06.2026).
15. ENISA. Introduction to Return on Security Investment. – Heraklion: ENISA, 2012 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.enisa.europa.eu/publications/introduction-to-return-on-security-investment (дата обращения: 10.06.2026).

Reducing economic losses in network (digital) companies from load-based computer attacks based on a hybrid neural network method

Borisovskaya O.V., Borisovskaya A.A.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow State Linguistic University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Communication channel disruption is one of the most economically significant risks for a network (digital) company: downtime of digital services leads to direct revenue losses, penalties under service level agreements (SLAs), and customer churn. This article proposes and economically justifies a hybrid method for countering load-based computer attacks. This method combines training data generation using large language models (LLM), traffic anomaly detection using a CNN+LSTM neural network, automatic firewall rule generation using a retrained LLM, and their formal verification using the Z3 SMT solver. A methodology for assessing prevented damage has been developed, linking the method's technical metrics (detection time, bandwidth recovery time, classification accuracy) to the company's financial performance. Calculations based on a typical digital company profile with annual digital channel revenue of 1 billion rubles show that implementing the method reduces effective downtime by more than 35 times, prevented damage amounts to approximately 3.4 million rubles per year, and the return on investment exceeds 200% in the first year with a payback period of approximately four months. The total cost of ownership of the solution is comparable to or lower than the cost of a subscription to commercial DDoS protection services, while maintaining technological independence.

Keywords: computer load attacks, DDoS, network (digital) company, economic losses, prevented damage, CNN+LSTM, large language models, training data generation, SMT solver.

References

1. Zegzhda, D.P., “Information Security of the Digital Economy.” St. Petersburg: Politech-Press, 2021, 312 p.
2. Cloudflare. 2025 Q4 DDoS Threat Report: A Record-Setting 31.4 Tbps Attack Caps a Year of Massive DDoS Assaults [Electronic resource]. Available at: https://blog.cloudflare.com/ddos-threat-report-2025-q4/ (accessed June 10, 2026).
3. Akamai. Apps, APIs, and DDoS 2026: Prepare for the Convergence Crisis. State of the Internet / Security Report. Cambridge: Akamai Technologies, 2026 [Electronic resource]. – URL: https://www.akamai.com/lp/soti/app-api-ddos-security-report-2026 (accessed: June 10, 2026).
4. Flowtriq. State of DDoS 2026: Annual Threat Report [Electronic resource]. – URL: https://flowtriq.com/state-of-ddos (accessed: June 10, 2026).
5. MarketsandMarkets. DDoS Protection and Mitigation Security Market – Global Forecast to 2027. – MarketsandMarkets Research, 2023.
6. ITIC 2024 Hourly Cost of Downtime Report. – Information Technology Intelligence Consulting, 2024 [Electronic resource]. – URL: https://itic-corp.com/itic-2024-hourly-cost-of-downtime-report/ (date accessed: 10.06.2026).
7. Borisovskaya A. A. Possibilities of Detecting and Preventing Network Load Attacks Using Network Interface Monitoring // Enterprise Engineering and Knowledge Management. – 2024.
8. Borisovskaya A. A. Software Suite for Automatic Detection and Neutralization of Computer Load Attacks: Certificate of State Registration of a Computer Program. – Moscow, 2025.
9. Federal Law of July 26, 2017 No. 187-FZ "On the Security of Critical Information Infrastructure of the Russian Federation". – Moscow: State Duma of the Russian Federation, 2017.
10. Order of the FSTEC of Russia dated December 25, 2017 No. 239 "On Approval of Requirements for Ensuring the Security of Significant Objects of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation". – M.: FSTEC of Russia, 2017.
11. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2018). – 2018. – P. 108–116.
12. Liu H., Lang B. Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey // Applied Sciences. – 2019. – Vol. 9. – P. 4396.
13. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
14. Qrator Labs. DDoS attacks, bots, and BGP incidents in 2024: statistics and trends [Electronic resource]. – URL: https://blog.qrator.net/ru/ddos-boty-i-bgp-incidenty-v-2024-godu-statistika-i_210/ (date of access: 10.06.2026).
15. ENISA. Introduction to Return on Security Investment. – Heraklion: ENISA, 2012 [Electronic resource]. – URL: https://www.enisa.europa.eu/publications/introduction-to-return-on-security-investment (date of access: 10.06.2026).

Система крепления оборудования передвижной дорожной лаборатории «АДС-МАДИ»

Никитаев Максим Михайлович
заместитель директора, Автомобильные дороги, mn@inbox.ru,

Варшавский Сергей Владимирович
заместитель начальника отдела, Автомобильные дороги, svv@technopark-madi.ru,

Соловьев Максим Алексеевич
инженер, кафедра «Дорожно-строительные материалы и химические технологии», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, maxim200116@mail.ru

В статье рассмотрены методы оптимизации системы крепления оборудования передвижной дорожной лаборатории с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) и 3D-печати. Описаны основные компоненты и характеристики измерительных систем передвижных дорожных лабораторий. В статье освещаются преимущества САПР, которые позволяют эффективно управлять всеми этапами проектирования от концепции до конечной проверки. Также анализируются преимущества 3-D печати при разработке и производстве систем крепления измерительных систем. Приведены примеры использования САПР и методов оптимизации при проектировании компоновки оборудования, оптимизации дизайна систем измерений и автоматизации процессов сбора и анализа данных. Оценены возможности разных филаментов и приведены результаты исследования их прочностных характеристик. Выполнена модернизация системы крепления лазерных сканеров и линейных камер, установленных на крыше лаборатории «АДС-МАДИ». В результате модернизации системы крепления был снижен вес конструкции за счет использования современных полимерных материалов для изготовления корпуса энкодера и для размещения сканеров и приемника.
Ключевые слова: передвижная дорожная лаборатория, система крепления, измерительное оборудование, корпус, САПР, 3-D печать.

Введение

Современные передвижные дорожные лаборатории (ПДЛ) играют важную роль в обеспечении качества строительства и эксплуатации дорожных объектов. ПДЛ используются при проведении диагностики, мониторинга и паспортизации дорог, в ходе приемочной диагностики при проверке соответствия выполненных работ установленным стандартам, исследовании влияния климатических условий на покрытие. ПДЛ представляют собой уникальные средства для оценки и мониторинга состояния дорожного покрытия. Их состав и характеристики делают возможным оперативное и точное проведение измерений, что обеспечивает безопасность и долговечность дорожной инфраструктуры.

Для повышения эффективности и точности таких измерений необходима оптимизация конструкционных элементов измерительной системы. В последние годы значительное внимание уделяется применению систем автоматизированного проектирования (САПР) и 3D-печати [1, 3].

Измерительные системы ПДЛ обеспечивают высокоточную фиксацию транспортно-эксплуатационного состояния дорожного покрытия и его характеристик. Эти системы позволяют проводить широкий спектр измерений непосредственно на месте, обеспечивая оперативность и точность данных. Измерительные системы ПДЛ обладают рядом характеристик, которые определяют их эффективность:

- точность измерений. Приборы должны иметь высокую точность для обеспечения корректных данных. Например, лазерные сканеры могут иметь точность до миллиметра, что критично для оценки состояния покрытия;
- скорость сбора данных. Современные системы позволяют собирать данные в реальном времени, что существенно ускоряет процесс мониторинга;
- мобильность и компактность. Все оборудование должно быть удобно размещено и легко доступно, чтобы минимизировать время на подготовку к измерениям;
- работа в различных условиях. Измерительные системы должны быть защищены от внешних воздействий, таких как дождь, пыль и ударные нагрузки. IP-степень защиты должна быть не ниже IP65;
- способность к автоматизации. Современные измерительные системы интегрированы с программным обеспечением, позволяющим автоматизировать процессы сбора и анализа данных. Это значительно снижает вероятность ошибок и упрощает работу.

Конструкция систем крепления оборудования должна быть разработана таким образом, чтобы установка и снятие оборудования происходили быстро и не требовала специального инструмента. Это особенно важно в полевых условиях, где время может иметь критическое значение. В случае использования оборудования в сложных климатических условиях или вблизи реагентов, необходимые компоненты должны быть устойчивыми к коррозии и механическим повреждениям. Должна быть предусмотрена возможность регулировки положения, нагрузки и угла наклона для обеспечения оптимального расположения датчиков и оборудования. Это позволяет точно настраивать установку в зависимости от характера выполняемых испытаний.

Целесообразно использовать стандартные крепежные элементы (пазы, крепления на защелках), что позволяет быстро заменить оборудование, если оно нуждается в обслуживании или калибровке. Для чувствительных к вибрации приборов использовать крепления с встроенными амортизаторами. Это позволяет уменьшить колебания, которые могут возникать во время транспортировки по неровным дорогам.

Внутри кузова ПДЛ оборудование должно храниться в специализированных шкафах, которые одновременно выступают и как крепления. Такие шкафы могут иметь уплотнения для защиты от пыли и влаги, а также систему вентиляции для охлаждения приборов во время работы. Система крепления оборудования ПДЛ должна быть разработана с учетом специфики работы и типов измерительных приборов. Эффективные и надежные системы крепления обеспечивают безопасность, стабильность и точность измерений, что является основой для успешного проведения дорожных исследований. Правильный выбор системы крепления позволяет увеличить производительность, облегчить работу операторов и продлить срок службы используемого оборудования.

Модели и методы

Традиционные методы проектирования конструктивных элементов измерительных систем могут быть долговременными и затратными. Часто они подразумевают множество итераций в процессе прототипирования, что ведет к увеличению времени разработки и затрат. Кроме того, использование массовых производственных технологий ограничивает возможность реализации сложных геометрий, что негативно сказывается на функциональных характеристиках.

Применение САПР позволяет значительно ускорить процесс разработки [2, 4–6] и создавать точные 3D-модели элементов, легко вносить изменения в проект, проводить моделирование работы элементов в различных условиях.

При проектировании элементов в САПР важно учитывать такие факторы, как:

- аэродинамика, что важно для наружных конструктивных элементов, влияющих на движение воздуха для которых необходимо оптимизировать форму для минимизации сопротивления с использованием аналитических и численных методов для уменьшения веса конструкции без потери прочности;
- технологичность дизайна, учитывающая особенности 3D-печати;
- соблюдение действующих нормативов и стандартов, что обеспечивает безопасность и надежность в работе.

После создания прототипов их необходимо протестировать в ходе механических испытаний для оценки прочности и устойчивости к нагрузкам и сравнить результаты измерений с контрольными образцами для проверки точности и надежности. Создание прототипов с использованием 3D-печати позволяет быстро проверить различные варианты конструкций [11, 13, 14]. Например, можно изготовить несколько версий одного изделия, провести их сравнительное тестирование и выбрать оптимальный вариант. Это существенно сокращает время и затраты на разработку. Прототипирование и тестирование измерительных систем для ПДЛ являются важными этапами разработки, позволяющими оценить функциональность, надежность и удобство использования измерительного оборудования. 3D-печать становится все более распространенным методом производства в самого разного рода инженерии, включая ПДЛ.

Существует множество технологий 3D-печати, включая FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering) и др. Каждая из технологий имеет свои особенности и области применения. Например, SLS используется для печати из таких материалов, как нейлон, что идеально подходит для создания прочных, легких компонентов [2].

Для успешной реализации проекта необходимо учитывать технологические аспекты 3D-печати, включая параметры печати и постобработку. Важным параметром, который непосредственно влияет на качество печати и прочностные характеристики изделия, является температура экструзии, так как неправильная температура может привести как к недостаточной адгезии слоев, так и к деформации детали [10, 12]. Оптимизация скорости позволяет добиться максимального качества деталей без потери времени. Увеличение скорости часто требует уменьшения объема подаваемого материала, что может сказаться на прочности.

Выбор высоты наносимого слоя непосредственно влияет на прочность изделия. Меньшая высота слоя (например, 0.1–0.2 мм) может улучшить сцепление между слоями, что увеличивает общую прочность. Однако это приводит к увеличению времени печати. Ширина экструзии также может влиять на прочность изделия. Широкие линии дают больше площади сцепления, что может улучшить прочность между слоями, особенно в критических местах.

Дизайн объекта и его ориентация относительно стальной платформы также важны. Сложные геометрии могут быть более подвержены деформациям, особенно если детали имеют тонкие стенки или большие пустоты. В этом случае целесообразно использовать решетчатое заполнение, что позволяет значительно увеличить прочность при меньшем использовании материала. Печать вдоль оси Z может увеличить прочность изделия, особенно для многослойных объектов. Это объясняется тем, что слои, отпечатанные вдоль оси Z, могут иметь меньшую сцепляемость, чем те, что напечатаны вдоль горизонтальной оси. Поэтому часто рекомендуется заранее продумать, как будет ориентирован объект на платформе, чтобы минимизировать риски деформации и повысить механическую прочность. Существует множество вариантов заполнения, включая плотное заполнение, которое делает объекты более прочными и устойчивыми, но увеличивает массу и время печати, радиальные и крестообразные заполнения, которые позволяют оптимизировать прочностные характеристики в зависимости от требований к объекту.

Методы постобработки, такие как сварка, отверждение, полировка и химическая обработка, могут значительно изменить механические свойства объектов. Шлифование и полировка помогают устранить дефекты поверхности, что может привести к улучшению механической прочности и эстетической привлекательности. Применение грунтовки и покраски также может повысить устойчивость к воздействию внешней среды, улучшая химические и физические свойства.

Некоторые изделия могут потребовать дополнительных механических соединений после печати. В этом случае использование специализированных клеев или процессов сварки может значительно повысить прочностные характеристики. Применение ультразвуковой или лазерной сварки может целенаправленно улучшить прочность соединений между слоями, что делает их более надежными. Для некоторых фотополимеров отверждение под воздействием ультрафиолетового излучения может значительно увеличить прочность и жесткость [7]. Использование химикатов может создать гладкую поверхность и удалить микротрещины, однако это может также привести к изменению структуры материала.

При проектировании конструктивных элементов необходимо учитывать не только механические свойства материалов, но и их поведение в различных условиях эксплуатации (статические и динамические нагрузки, температуры, коррозионные среды и др.), а также геометрию компонентов. Применение методов топологической оптимизации позволяет создать легкие и прочные конструкции за счет:

- устранения избыточности и удаления лишних материалов из участков, не подверженных значительным нагрузкам, сохраняя целостность конструкции. Это приводит к снижению веса и увеличению эффективности;
- распределения нагрузки через ребра жесткости, что позволяет значительно повысить прочностные характеристики конструкции без значительного увеличения веса;
- объединения нескольких функциональных элементов в одну деталь (например, соединительные элементы и крепеж), что упрощает сборку и уменьшает количество компонентов.

Результатом топологической оптимизации становится сложная структура, на основе которой формируется поступающая на 3D-печать модель. Топологическая оптимизация встроена во многие программные продукты для автоматизированного проектирования: Siemens NX, Siemens Solid Edge, Autodesk Fusion и другие. Понимание и применение методов конструктивной оптимизации, выбор правильных материалов и использование технологий 3D-печати является ключом к успешной разработке измерительных систем, способных отвечать требованиям современного рынка.

Процесс оптимизации конструкционных элементов начинается с создания высококачественной 3D-модели. С помощью САПР можно использовать методы топологической оптимизации для уменьшения массы конструкции при одновременном поддержании прочности и жесткости [8, 9]. Это особенно важно для измерительных систем, где каждый грамм может оказывать влияние на точность измерений. Оптимизация дизайна измерительных систем для передвижной дорожной лаборатории включает в себя множество аспектов, начиная от компоновки оборудования внутри транспортного средства до выбора датчиков и инструментов для измерений.

Используя современные технологии, такие как трехмерное моделирование, программное обеспечение для CAD и моделирования (SolidWorks, AutoCAD, Fusion 360 или Tinkercad), можно создать эффективные системы, которые учитывают различные требования и параметры.

Результаты

В ПДЛ используется широкая номенклатура систем крепления оборудования: на рельсах, магнитные крепления, ремни и стяжки, специализированные шкафы, универсальные стойки. 3D-печать дает возможность производить уникальные крепежные решения, которые точно соответствуют требованиям конкретного проекта. На рисунке 1 показан процесс 3D-печати корпуса крепления линейной камеры.

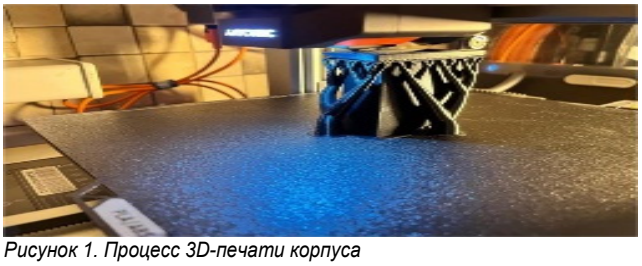


Рисунок 1. Процесс 3D-печати корпуса

Для оптимизации конструктивных элементов в измерительных системах ПДЛ необходимо правильно выбирать материалы для 3D-печати, так как различные материалы обладают различными свойствами. PLA (полилактид) хорошо подходит для прототипирования, прост в обработке, но менее устойчив к высокой температуре. ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол) обладает хорошей прочностью, но требует более высокой температуры печати. PETG (полиэтилентерефталат гликоль) сочетает в себе прочность и термостойкость, что делает его идеальным для создания долговечных деталей. Нейлон и композиты обладают отличной прочностью и гибкостью, подходят для элементов, которые должны выдерживать динамические нагрузки. На основании проведенных экспериментов было выявлено, что самым прочным на разрыв является филамент PETg+GF12. Самое большое усилие, при котором произошёл разрыв нити филамента, составляло 136.6 Н (Рисунок 2).

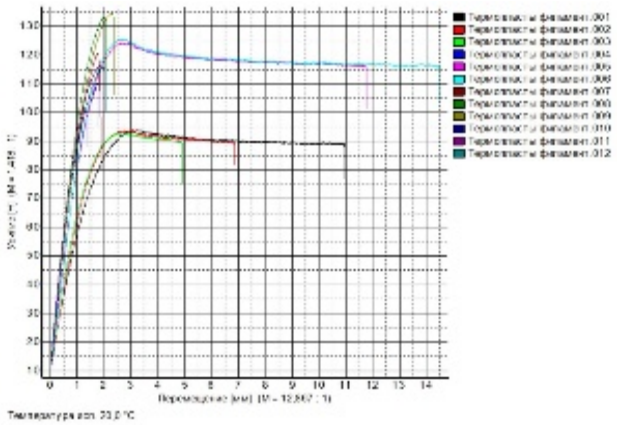


Рисунок 2. График зависимости напряжения от приложенного усилия растяжения для каждого из исследованных типов филаментов

Для измерительных систем, работающих в условиях высокой влажности или коррозийных сред, 3D-печать позволяет создавать защитные кожухи и оболочки, выполненные из устойчивых к воздействию материалов, что особенно важно при наружной установке измерительного оборудования на ПДЛ (Рисунок 3).

Рисунок 3. Крепление корпуса энкодера на колесе ПДЛ

Для крепления измерительного оборудования, устанавливаемого на крышу ПДЛ «АДС-МАДИ» была спроектирована специальная платформа (Рисунок 4).

Рисунок 4 Система крепления наружного оборудования ПДЛ «АДС-МАДИ»

В результате модернизации системы крепления был снижен вес конструкции за счет использования современных полимерных материалов для печати станины и площадки для размещения сканеров и приемника.

Заключение

Процесс проектирования конструктивных элементов ПДЛ — это многогранная задача, требующая взаимодействия различных инженерных дисциплин, глубокого анализа и тщательного выбора методик. Успех конечного продукта напрямую зависит от качества предварительного анализа, правильного выбора материалов и оптимизации конструкции. Поэтому, внедряя современные технологии моделирования и анализа, а также используя опыт предыдущих проектов, можно достигнуть хороших результатов в создании эффективных и инновационных решений для различных отраслей.

Оптимизация конструкционных элементов измерительной системы дорожной лаборатории с использованием САПР и методов 3D-печати представляет собой важный шаг к повышению эффективности, точности и надежности в области дорожного строительства. Применение этих современных технологий не только ускоряет процесс разработки и внедрения новых решений, но и открывает новые возможности для инноваций в этой области. В дальнейшем важно продолжать исследование и внедрение САПР и 3D-печати в практику дорожных лабораторий.

Разработка системы крепления для оборудования ПДЛ требует комплексного подхода, включающего учет множества факторов — от безопасности и функциональности до удобства в использовании. В конечном итоге правильно организованная система крепления может значительно повысить эффективность работы лаборатории, обеспечить безопасность и точность измерений, а также удобство обслуживания.

С внедрением искусственного интеллекта и машинного обучения в процесс проектирования, можно ожидать дополнительных улучшений в оптимизации конструктивных элементов. Адаптация к условиям и автоматизированное проектирование с использованием данных о предыдущих проектах открывают новые горизонты в развитии измерительных систем.

Литература

1. Андреев, А.В., Баранов, С.В., Попов, В.Н. Метрологические аспекты создания дорожных конструкций на основе 3D-технологий // Дороги и мосты. 2019. № 2. С. 18–20.
2. Федотов, А.И., Зубко, А.А., Черненко, А.В. Метрология композиционных материалов для дорожной инфраструктуры // Дороги и мосты. 2018. № 1. С. 26–29.
3. Hlavac, N., Bousalis, D., Pallack, E., et al. Injectable neural hydrogel as in vivo therapeutic delivery vehicle // Regen Eng Transl. Med. 2023. Vol. 9(3), pp. 424–430.
4. Jia, Z., Kong, L., Jia, L., et al. Printability and mechanical properties of 3D printing ultra-high performance concrete incorporating limestone powder // Constr. Build. Mater. 2024. Vol.425, 136195. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136195.
5. Kareem, S.A. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing // Int. J. Civ. Eng. Constr. 2022. Vol. 1 (1), pp. 13–16. https://doi.org/10.22271/27078329.2022.v1.i1a.4.
6. Li, J., Sun, S., Zhu, D., et al. Inhalable stem cell exosomes promote heart repair after myocardial infarction // Circulation. 2024. Vol. 150(9), pp. 710–723.
7. Mealy, J.E., Torres, W.M., Freeburg, L.A., et al. Shear-Thinning hydrogel for delayed delivery of a small molecule metalloproteinase inhibitor attenuates myocardial infarction remodeling // JACC Basic Transl. Sci. 2025. Vol.10(4), pp. 458–472.
8. Nguyen-Van, V., Li, S., Liu, J., et al. Modelling of 3D concrete printing process: A perspective on material and structural simulations // Addit. Manuf.2023. Vol. 61, 103333. https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103333.
9. Saruhan, V., Keskinates, M., Feleko˘glu, B. A comprehensive review on fresh state rheological properties of extrusion mortars designed for 3D printing applications // Constr. Build. Mater. 2022. Vol. 337, 127629. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127629.
10. Tang, P., Zhao, X., Shi, H., et al. A review of multi-axis additive manufacturing: Potential, opportunity and challenge, Addit. Manuf. 2024. Vol. 83. 104075. https://doi.org/10.1016/j.addma.2024.104075.
11. Wick-Joliat, R., Penner, D. Flexible interconnected ceramic parts 3D printed by two-component material extrusion with water-soluble support structures // J. Eur. Ceram. Soc. 2023. Vol. 43 (11), pp. 4877–4884. https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.03.069.
12. Yamin, L., Chenyang, S., Xin, Y. Curved-layer slicing and continuous path planning for multi-axis printing of fiber-reinforced composite structures. Processes. 2025. Vol. 13 (2), pp. 473-474.
13. Yao, J., Li, J., Zhu, D., et al. An infusible biologically active adhesive for chemotherapy-related heart failure in elderly rats // Bioac.t Mater. 2024. Vol. 40, pp. 571–581.
14. Zhao, D., Zha, X., Zhou, L., Xiong, Y. Additive manufacturing of continuous fiber reinforced polymer composites: process planning and intelligent control // J. Manuf. Process. 2025. Vol. 144, pp. 170-189.

Equipment mounting system for the mobile road laboratory «ADS-MADI»

Nikitaev M.M., Varshavsky S.V., Solovyov M.A.
Automobile roads
JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article discusses methods for optimizing the equipment mounting system of a mobile road laboratory using computer-aided design (CAD) and 3D printing. It describes the main components and characteristics of the measurement systems in mobile road laboratories. The article highlights the advantages of CAD, which allows for efficient management of all design stages, from concept to final verification. It also analyzes the benefits of 3D printing in the development and production of measurement system mounting systems. The article provides examples of using CAD and optimization methods in the design of equipment layout, the optimization of measurement system design, and the automation of data collection and analysis processes. The capabilities of different filaments have been evaluated, and the results of their strength characteristics have been presented. The mounting system for laser scanners and linear cameras installed on the roof of the ADS-MADI laboratory has been upgraded. As a result of the mounting system upgrade, the weight of the structure has been reduced by using modern polymer materials for the encoder housing and for placing the scanners and receiver.
Keywords: mobile road laboratory, fastening system, measuring equipment, housing, CAD, 3-D printing.

References

1. Andreev, A.V., Baranov, S.V., Popov, V.N. Metrological aspects of creating road structures based on 3D technologies // Dorogi i mosty. 2019. No. 2, pp. 18–20.
2. Fedotov, A.I., Zubko, A.A., Chernenko, A.V. Metrology of composite materials for road infrastructure // Dorogi i mosty. 2018. No. 1, pp. 26–29.
3. Hlavac, N., Bousalis, D., Pallack, E., et al. Injectable neural hydrogel as in vivo therapeutic delivery vehicle // Regen Eng Transl. Med. 2023. Vol. 9(3), pp. 424–430.
4. Jia, Z., Kong, L., Jia, L., et al. Printability and mechanical properties of 3D printing ultra-high performance concrete incorporating limestone powder // Constr. Build. Mater. 2024. Vol.425, 136195. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136195.
5. Kareem, S.A. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing // Int. J. Civ. Eng. Constr. 2022. Vol. 1 (1), pp. 13–16. https://doi.org/10.22271/27078329.2022.v1.i1a.4.
6. Li, J., Sun, S., Zhu, D., et al. Inhalable stem cell exosomes promote heart repair after myocardial infarction // Circulation. 2024. Vol. 150(9), pp. 710–723.
7. Mealy, J.E., Torres, W.M., Freeburg, L.A., et al. Shear-Thinning hydrogel for delayed delivery of a small molecule metalloproteinase inhibitor attenuates myocardial infarction remodeling // JACC Basic Transl. Sci. 2025. Vol.10(4), pp. 458–472.
8. Nguyen-Van, V., Li, S., Liu, J., et al. Modelling of 3D concrete printing process: A perspective on material and structural simulations // Addit. Manuf.2023. Vol. 61, 103333. https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103333.
9. Saruhan, V., Keskinates, M., Feleko˘glu, B. A comprehensive review on fresh state rheological properties of extrusion mortars designed for 3D printing applications // Constr. Build. Mater. 2022. Vol. 337, 127629. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127629.
10. Tang, P., Zhao, X., Shi, H., et al. A review of multi-axis additive manufacturing: Potential, opportunity and challenge, Addit. Manuf. 2024. Vol. 83. 104075. https://doi.org/10.1016/j.addma.2024.104075.
11. Wick-Joliat, R., Penner, D. Flexible interconnected ceramic parts 3D printed by two-component material extrusion with water-soluble support structures // J. Eur. Ceram. Soc. 2023. Vol. 43 (11), pp. 4877–4884. https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.03.069.
12. Yamin, L., Chenyang, S., Xin, Y. Curved-layer slicing and continuous path planning for multi-axis printing of fiber-reinforced composite structures. Processes. 2025. Vol. 13 (2), pp. 473-474.
13. Yao, J., Li, J., Zhu, D., et al. An infusible biologically active adhesive for chemotherapy-related heart failure in elderly rats // Bioac.t Mater. 2024. Vol. 40, pp. 571–581.
14. Zhao, D., Zha, X., Zhou, L., Xiong, Y. Additive manufacturing of continuous fiber reinforced polymer composites: process planning and intelligent control // J. Manuf. Process. 2025. Vol. 144, pp. 170-189.

Адаптивное регулирование цифровых финансовых активов в России: новые возможности для инвесторов

Акбашева Диана Набиевна
студент бакалавриата, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, diana.akbasheva.05@mail.ru,

Маняхин Тимофей Викторович
к.э.н., доцент кафедры финансовых рынков и финансового инжиниринга, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, tvmanyakhin@fa.ru

Статья посвящена анализу влияния регулирования на инвестиционный потенциал цифровых финансовых активов (ЦФА) в России. Показано, что развитие инфраструктуры токенизации и смарт-контрактов создает основу для новых инвестиционных практик, однако правовая среда остается ключевым фактором, определяющим объем рынка и доступность инструментов для инвесторов. На основе данных Банка России и зарубежных исследований в статье обобщены основные ограничения действующего законодательства, включая отсутствие вторичного рынка, неоднозначный статус ЦФА как предмета залога и ограниченный круг участников. Предложена адаптивная модель регулирования, которая сочетает динамические регуляторные «песочницы», стандарты раскрытия информации и механизм двустороннего выкупа, позволяющая снизить риски и стимулировать привлечение капитала. Автор делает вывод, что гибкое регулирование и инновационные инвестиционные стратегии могут повысить ликвидность и привлечь новых инвесторов.
Ключевые слова: цифровые финансовые активы, регулирование, ликвидность, инвестиционные стратегии, токенизация, рынок капитала.

Введение

Современный финансовый рынок переживает этап глубокой технологической трансформации, связанной с распространением токенизации, смарт-контрактов и новых форм цифрового учета прав. В российской практике цифровые финансовые активы сформировались как особый сегмент регулируемых инструментов, сочетающий технологическую новизну и правовую формализацию. Однако сам факт нормативного закрепления ЦФА еще не означает полного раскрытия их инвестиционного потенциала. Для рынка по-прежнему характерны ограниченная ликвидность, неоднородность выпусков и зависимость инвестиционной привлекательности от регуляторных условий. В связи с этим особое значение приобретает анализ того, каким образом модель регулирования влияет не только на безопасность обращения ЦФА, но и на возможности их практического использования инвесторами.

Основная часть

Федеральный закон № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определяет ЦФА как цифровые права, включающие денежные требования, права по эмиссионным ценным бумагам и права участия в капитале непубличного общества. Выпуск, учет и обращение ЦФА осуществляются посредством записи в реестре распределенного реестра, что минимизирует риски подделки и повышает прозрачность. Тем не менее действующий правовой режим накладывает ряд ограничений. Во-первых, отсутствует полноценный вторичный рынок: большинство выпусков реализуются через закрытую подписку и не обращаются на бирже, из-за чего инвесторы не могут свободно продавать активы до погашения. Во-вторых, законодательство не признает ЦФА предметом залога, что снижает их привлекательность для банковских операций. В-третьих, разрешение на использование ЦФА в платежах было введено только в начале 2024 г., поэтому большинство выпусков по-прежнему структурируется как инструмент привлечения финансирования, а не расчетное средство. Эти барьеры сдерживают развитие ликвидности и ограничивают набор возможных стратегий для инвестора.

Дополнительным ограничением выступает и сравнительно высокая зависимость рынка ЦФА от инфраструктурных посредников. Несмотря на цифровую форму фиксации прав, инвестор не взаимодействует с полностью децентрализованной средой, а действует через оператора информационной системы и иные уполномоченные институты. Это означает, что уровень доверия к инструменту определяется не только качеством базового актива, но и надежностью технологической и организационной инфраструктуры. В условиях, когда рынок еще не обладает длительной историей обращения и едиными стандартами оценки рисков, подобная зависимость повышает значение регуляторного надзора и требований к раскрытию информации.

Развитие рынка ЦФА сопровождается не только законодательными барьерами, но и появлением новых возможностей. С одной стороны, высокий темп роста размещений связан с тем, что для эмитентов токенизация обеспечивает снижение транзакционных издержек и быструю передачу прав. С другой стороны, инвесторы сталкиваются с риском низкой ликвидности: короткие сроки погашения и концентрация выпусков на нескольких платформах приводят к ограниченному кругу сделок. По данным Банка России, к концу 2025 г. в сегменте ЦФА было привлечено 1,7 трлн руб. от розничных инвесторов, что свидетельствует о растущем интересе населения к новым инструментам [4]. Важной тенденцией является появление смешанных выпусков, сочетающих денежные требования и утилитарные права (например, доступ к программному обеспечению или сервисам). Такие инструменты позволяют расширить функциональность токенов и сделать их более привлекательными для стратегических инвесторов.

Следует учитывать и то, что инвестиционная привлекательность ЦФА определяется не только доходностью, но и скоростью обращения, прозрачностью условий выпуска и предсказуемостью исполнения обязательств. Для части инвесторов цифровой формат становится преимуществом за счет упрощенного доступа к инструменту, снижения операционных издержек и возможности автоматизации расчетов. Вместе с тем сохранение ограниченного числа платформ и сравнительно узкого набора эмитентов пока не позволяет говорить о полномасштабной диверсификации рынка. Это делает особенно важным формирование таких

регуляторных условий, при которых рост количества выпусков сопровождался бы ростом качества самих инструментов и повышением доверия со стороны инвесторов.

Для раскрытия инвестиционного потенциала ЦФА необходимо перейти от статичного регулирования к адаптивной модели. Предлагается авторская методика, основанная на трех взаимосвязанных элементах. Первый элемент – введение динамических регуляторных «песочниц», в рамках которых эмитенты и операторы платформ могут тестировать новые продукты с автоматическим контролем соблюдения законодательства. Использование смарт-контрактов с функцией проверки санкционных списков и процедур борьбы с отмыванием позволит снизить регуляторную нагрузку и ускорить вывод инноваций на рынок. Второй элемент – разработка гибридных ЦФА с двусторонним правом выкупа: инструмент сочетает денежное требование и утилитарное право, а исполнение обеспечивается эскроу-механизмом. Такой подход защищает инвестора от невыполнения обязательств и расширяет круг возможных эмитентов, включая технологические компании и стартапы. Третий элемент – внедрение механизма доказательства владения без раскрытия данных (zero-knowledge proof), позволяющего использовать ЦФА в качестве залога без раскрытия конфиденциальной информации. Этот инструмент может быть востребован в банковском регулировании и позволит увеличить доступность кредитов под обеспечение цифровыми активами.

Данные о динамике объема рынка ЦФА представлены в таблице 1. Из анализа видно, что после незначительного старта в 2022 г. сегмент вырос в девять раз в 2024 г., а в последующие два года темпы роста остаются высокими. Расширение объема выпуска сопровождается увеличением числа инвесторов, но ликвидность по-прежнему ограничена. Инвестору следует учитывать, что большинство выпусков имеют фиксированную доходность и короткий срок. Консервативным инвесторам могут подойти стратегии «лестницы», когда приобретаются выпуски с разным сроком погашения, что обеспечивает равномерные денежные потоки и снижает риск реинвестирования. Для более активных участников возможны стратегии «арбитража между платформами», использующие различия в доходности и дисконтировании на разных площадках. При этом важно оценивать надежность оператора и наличие технологической поддержки.

Наряду с этим необходимо учитывать, что рынок ЦФА пока находится в стадии институционального формирования, а потому инвестиционные решения в данном сегменте требуют более тщательной оценки, чем при вложениях в традиционные финансовые инструменты. Существенное значение имеют не только параметры доходности, но и юридическая конструкция выпуска, порядок исполнения обязательств, наличие ограничений на обращение и специфика платформы размещения. По мере развития вторичного рынка и унификации требований к выпускам данные факторы могут стать более прозрачными, что в перспективе повысит сопоставимость инструментов и упростит выбор для инвестора.

Таблица 1
Динамика объема рынка цифровых финансовых активов в России

Год	Объем эмиссии, млрд руб.	Комментарии
2022	≈7	Первые пилотные выпуски, минимальный объем
2023	≈66	Рост за счет первых корпоративных облигаций
2024	594	Рынок вырос в 9 раз по сравнению с 2023 г.
2025	623	Умеренный рост, преобладают краткосрочные инструменты
2026	690	150 % годового роста, дальнейшее расширение емкости рынка

Источник: составлено автором исследования на основе [2,3,5].

Заключение

Рынок цифровых финансовых активов в России находится на этапе быстрого становления. Анализ показал, что базовая нормативная среда обеспечивает правовую определенность, но ограничивает развитие ликвидности и возможностей для инвесторов. Предложенная адаптивная модель регулирования ориентирована на преодоление этих барьеров за счет создания динамических регуляторных песочниц, гибридных инструментов с механизмом двустороннего выкупа и использования технологических решений для залоговых операций. Экономический потенциал рынка подтверждается устойчивым ростом объема эмиссии: после резкого увеличения в 2024 г. дальнейший рост в 2025–2026 гг. свидетельствует о сохранении высокого интереса со стороны эмитентов и инвесторов. Для раскрытия потенциала ЦФА важно продолжать совершенствовать нормативно-правовую базу, разрабатывать стандарты раскрытия информации и стимулировать развитие вторичного рынка. Инвесторы могут использовать консервативные и агрессивные стратегии, комбинируя токены с различными сроками и доходностью. В долгосрочной перспективе гармонизация регулирования и развитие инфраструктуры позволят цифровым активам стать полноценной частью инвестиционного портфеля.

Литература

1. Федеральный закон от 31.07.2020 N 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Банк России. Обзор финансовых инструментов. 2024 год. М., 2025. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/55196/review_2024.pdf (дата обращения: 19.04.2026).
3. Банк России. Обзор рисков финансовых рынков. № 10 (102). Октябрь 2025 года. М., 2025. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59388/ORFR_2025-10.pdf (дата обращения: 19.04.2026).
4. Банк России. Обзор рисков финансовых рынков. Февраль 2026. М., 2026. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59728/ORFR_2026-2.pdf (дата обращения: 19.04.2026).
5. Банк России. Итоги работы Банка России 2025: коротко о главном. URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/results_work/2025/obespechenie-ustoychivosti-finansovogo-rynka/ (дата обращения: 19.04.2026).

Adaptive regulation of digital financial assets in Russia: new opportunities for investors

Akbasheva D.N., Manyakhin T.V.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article analyzes the impact of regulation on the investment potential of digital financial assets (DFAs) in Russia. It shows that the development of tokenization infrastructure and smart contracts creates a foundation for new investment practices, while the legal environment remains a key factor determining market size and the availability of instruments for investors. Based on data from the Bank of Russia and foreign studies, the article summarizes the main limitations of the current legislation, including the absence of a secondary market, the ambiguous status of DFAs as collateral, and the limited range of participants. It proposes an adaptive regulatory model combining dynamic regulatory sandboxes, disclosure standards, and a bilateral repurchase mechanism aimed at reducing risks and stimulating capital raising. The author concludes that flexible regulation and innovative investment strategies can increase liquidity and attract new investors.

Keywords: digital financial assets, regulation, liquidity, investment strategies, tokenization, capital market.

References

1. Federal Law No. 259-FZ of July 31, 2020 “On Digital Financial Assets, Digital Currency, and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”.
2. Bank of Russia. Review of Financial Instruments. 2024. Moscow, 2025. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/55196/review_2024.pdf (accessed: 19.04.2026).
3. Bank of Russia. Financial Market Risk Review. No. 10 (102). October 2025. Moscow, 2025. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59388/ORFR_2025-10.pdf (accessed: 19.04.2026).
4. Bank of Russia. Financial Market Risk Review. February 2026. Moscow, 2026. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59728/ORFR_2026-2.pdf (accessed: 19.04.2026).
5. Bank of Russia. Bank of Russia Results for 2025: Key Highlights. Available at: https://www.cbr.ru/about_br/publ/results_work/2025/obespechenie-ustoychivosti-finansovogo-rynka/ (accessed: 19.04.2026).

Комплексная модель оценки стоимости компании на основе синтеза модифицированных подходов

Дуринин Павел Дмитриевич
аспирант, Университет «Синергия», Pavel.durinin@gmail.com

В статье рассматривается комплексная модель оценки стоимости компании, ориентированная на условия высокой неопределённости, отраслевой трансформации и возрастающего значения нефинансовых факторов. Обоснована необходимость перехода от изолированного применения доходного, сравнительного и затратного подходов к их согласованному использованию в рамках единой методической логики. Особое внимание уделено включению ESG-факторов в оценочные процедуры: через корректировку ставки дисконтирования, пересмотр прогнозных денежных потоков, применение ESG-мультипликаторов и учёт будущих затрат на экологическую и промышленную модернизацию активов. Показано, что комплексная модель не должна сводиться к механическому усреднению результатов разных подходов, поскольку это может привести к методологическим противоречиям и искажению итоговой стоимости. Более устойчивым решением выступает модель, основанная на нормировании информационной базы, согласовании предпосылок, адаптивном распределении весов между подходами и сценарной проверке результата. Такой подход позволяет повысить прозрачность оценки, снизить риск субъективных смещений и обеспечить более корректное отражение финансовых, рыночных, имущественных и нефинансовых характеристик компании.

Ключевые слова: оценка стоимости компании, комплексная модель оценки, доходный подход, сравнительный подход, затратный подход, ESG-факторы, адаптивные веса, устойчивое развитие.

Введение

Оценка стоимости компании в современных условиях всё чаще выходит за пределы традиционного финансового анализа. На итоговую стоимость бизнеса влияют не только прогнозные денежные потоки, структура активов и рыночные мультипликаторы, но и качество корпоративного управления, устойчивость бизнес-модели, экологические риски, социальная ответственность, комплаенс-практики и способность компании адаптироваться к изменению регуляторной и рыночной среды. В результате классические подходы к оценке сохраняют методическое значение, однако их изолированное применение уже не всегда позволяет получить достаточно надёжный результат.

Доходный подход остаётся важнейшим инструментом определения фундаментальной стоимости компании, поскольку отражает её способность генерировать денежные потоки в будущем. Вместе с тем его результат существенно зависит от выбранной ставки дисконтирования, прогнозного периода, терминальной стоимости и сценарных предпосылок. Сравнительный подход позволяет соотнести стоимость компании с рыночными ориентирами, но требует корректной выборки аналогов и учёта различий в масштабе, структуре рисков, отраслевой позиции и ESG-профиле. Затратный подход, в свою очередь, важен как инструмент проверки стоимости воспроизводства активов, однако при его использовании возникает риск недооценки нематериальных факторов, синергии и будущих возможностей бизнеса.

В этих условиях возрастает значение комплексной модели оценки стоимости, в которой доходный, сравнительный и затратный подходы используются не как автономные расчётные процедуры, а как взаимосвязанные элементы единой системы. Такая модель должна обеспечивать согласованность исходных предпосылок, сопоставимость данных, прозрачность корректировок и возможность проверки результата в различных сценариях. Особенно значимым становится включение ESG-факторов, поскольку они способны влиять одновременно на риск-премии, инвестиционные затраты, операционную эффективность, доступ к капиталу и восприятие компании инвесторами.

Цель статьи состоит в обосновании комплексной модели оценки стоимости компании, основанной на согласованном применении доходного, сравнительного и затратного подходов с учётом ESG-факторов и адаптивного механизма агрегирования результатов. Такой подход позволяет рассматривать стоимость компании не как формальный итог отдельных расчётов, а как результат системного анализа финансовых, рыночных, имущественных и нефинансовых параметров бизнеса.

Основная часть

Современная оценка стоимости компании в условиях высокой неопределённости, отраслевой трансформации и усиления нефинансовых факторов требует перехода от «моно-подходов» к интегральным моделям, которые одновременно учитывают денежные потоки, рыночные ориентиры и стоимость воспроизводства активов, а также корректируют результаты с учётом качества корпоративного управления, устойчивости бизнес-модели и ESG-профиля. Использование одного подхода (доходного, сравнительного или затратного) в чистом виде всё чаще приводит к систематическим смещениям: доходный подход чувствителен к предпосылкам по ставке дисконтирования и терминальному росту, сравнительный — к корректности выборки аналогов и сопоставимости мультипликаторов, затратный — к сложности оценки воспроизводства нематериальных активов и синергий. Следовательно, требуется комплексная модель, которая не просто «усредняет» результаты трёх подходов, а синтезирует их на основе причинно-следственной логики, прозрачных правил нормирования, согласования предпосылок и контроля качества входных данных [1].

В предлагаемой трактовке комплексная модель оценки стоимости понимается как многоуровневая система, где каждый подход выполняет собственную функцию: доходный подход задаёт фундаментальную стоимость, отражающую способность генерировать денежные потоки; сравнительный подход служит калибровочным контуром, фиксирующим рыночное позиционирование и ожидания инвесторов; затратный подход выступает как «нижняя граница» и проверка на экономическую целесообразность (включая оценку замещения активов и контроль на «переплату» относительно стоимости восстановления ресурсной базы). При этом модификации подходов (в частности, интеграция ESG-премий/дисконтов в ставку дисконтирования и разработка ESG-мультипликаторов в

сравнительном подходе) становятся не внешними дополнениями, а внутренними элементами единой логики модели.

Концептуальная архитектура комплексной модели

Комплексная модель строится в виде последовательности блоков: (1) подготовка нормализованного информационного базиса; (2) вычисление стоимости по каждому подходу в модифицированном виде; (3) согласование предпосылок и устранение противоречий; (4) агрегирование результатов с адаптивными весами; (5) диагностика устойчивости результата и сценарная проверка.

Рисунок 1 – Концептуальная архитектура комплексной модели [2].

Ключевым принципом является «согласованность предпосылок». Например, если доходная модель предполагает повышенный риск из-за ESG-факторов (что увеличивает ставку дисконтирования и снижает стоимость), то сравнительный подход не может одновременно использовать мультипликаторы компаний с существенно более высоким ESG-профилем без корректировки — иначе произойдёт логическое расхождение: доходный подход даст «дисконт за риск», а сравнительный «подтянет» стоимость к лучшим аналогам, и итоговая цифра станет методологически неустойчивой. Поэтому комплексная модель требует единого «ESG-ядра», которое влияет на параметры всех подходов согласованным образом.

1. Информационная база и нормирование факторов [2].

Информационная база модели включает финансовые, операционные и нефинансовые параметры. Финансовая часть охватывает отчётность (выручка, EBITDA, чистая прибыль, инвестиции, оборотный капитал, долговая нагрузка, стоимость капитала), операционная часть — производственные и отраслевые метрики (мощности, загрузка, структура выручки по сегментам, география, контрактная база), нефинансовая часть — ESG-профиль, качество управления рисками, комплаенс и устойчивость цепочек поставок.

Нормирование необходимо по двум причинам: во-первых, для сопоставимости аналогов в сравнительном подходе; во-вторых, для корректной трансляции ESG-оценки в премии/дисконты к ставке дисконтирования и к мультипликаторам. В модели целесообразно использовать шкалы рейтингов (например, 1–7) или интервальные категории, но итоговые корректировки должны быть переведены в количественные коэффициенты, пригодные для расчётов.

2. Модифицированный доходный подход как «фундамент» [3].

Доходный подход в комплексной модели задаёт фундаментальную стоимость на основе прогнозных денежных потоков. Модификация заключается в том, что ставка дисконтирования и отдельные сценарные параметры прогноза зависят от ESG-рисков и устойчивости бизнес-модели. В академической логике корректировка реализуется двумя каналами.

Первый канал — корректировка ставки дисконтирования через риск-премию. ESG-риски трактуются как источники вероятности неблагоприятных событий (регуляторные санкции, экологические платежи, аварии, социальные конфликты, штрафы, ограничения доступа к капиталу), что увеличивает требуемую доходность инвестора. Второй канал — корректировка прогнозных потоков через влияние на маржинальность, инвестиции и капиталовложения на комплаенс/экологические проекты. В результате доходная модель перестаёт быть «нейтральной», а становится чувствительной к нефинансовым характеристикам, что соответствует современной логике инвестирования и риск-менеджмента.

3. Модифицированный сравнительный подход как «рыночная калибровка» [4].

Сравнительный подход в комплексной модели выступает механизмом калибровки, позволяющим соотнести фундаментальную стоимость с рыночными ожиданиями. Его модификация реализуется через систему ESG-мультипликаторов: базовые финансовые мультипликаторы (EV/EBITDA, EV/Sales, P/E, P/BV и т.д.) корректируются коэффициентом, отражающим ESG-разрыв компании относительно медианы/квартиля аналогов, а также отраслевые веса экологических, социальных и управленческих факторов.

Такой подход позволяет избежать типичной ошибки: прямое применение мультипликаторов лидеров устойчивости к компании с низким ESG-профилем. Корректировка приводит мультипликатор к «справедливому» уровню с учётом риска и качества управления. В комплексной модели сравнительный подход не «перетягивает» итоговую стоимость, а уточняет её в диапазоне рыночной реалистичности.

4. Затратный подход как «контроль нижней границы» и проверка на замещение [4].

Затратный подход в комплексной модели необходим не столько для предприятий с высокой долей материальных активов, сколько как инструмент проверки экономической логики и выявления несостыковок. Он показывает, насколько оценка согласуется со стоимостью восстановления активов и инфраструктуры, а также позволяет корректно трактовать случаи, когда рынок оценивает компанию ниже восстановительной стоимости (например, из-за проблем с управлением, токсичных рисков, слабой устойчивости или структурного падения спроса).

Модификация затратного подхода в контексте ESG проявляется в учёте обязательных будущих затрат на приведение активов к экологическим и промышленным стандартам, затратах на модернизацию, внедрение систем мониторинга, HSE-инфраструктуры, а также в учёте рисков обесценения активов (stranded assets) в углеродоёмких секторах.

Механизм синтеза: агрегирование с адаптивными весами

Центральный элемент комплексной модели — не просто объединение трёх оценок, а рациональный механизм синтеза. В рамках академического подхода предпочтительно использовать «адаптивные веса», зависящие от качества данных и релевантности подхода для конкретной компании и отрасли.

Таблица 1

Роль подходов в комплексной модели и типовые основания для веса [4; 5]

Подход	Роль в модели	Когда вес повышается	Основной риск смещения
Доходный (модифицированный)	Фундаментальная стоимость с учётом ESG-рисков	Стабильные прогнозы, зрелые бизнес-процессы, доступна детализация CAPEX/OPEX	Чувствительность к ставке дисконтирования и терминалу
Сравнительный (ESG-мультипликаторы)	Рыночная калибровка и проверка реалистичности	Ликвидный рынок, достаточные аналоги, сопоставимый риск-профиль	Ошибки выборки аналогов, несопоставимость масштаба/рисков
Затратный (с учётом обязательных затрат/обесценения)	Нижняя граница и проверка на замещение	Активоёмкие отрасли, высокая доля материальных активов, важна оценка восстановления	Недооценка нематериальных активов и синергий

Если денежные потоки прогнозируемы, доходный подход получает больший вес. Если рынок ликвиден и выборка аналогов высококачественная, возрастает вес сравнительного подхода. Если активы доминируют и воспроизводимы, усиливается роль затратного подхода.

Заключение

Комплексная модель оценки стоимости компании позволяет преодолеть ограничения изолированного применения доходного, сравнительного и затратного подходов. Её преимущество заключается не в простом объединении нескольких расчётных результатов, а в построении согласованной методической системы, где каждый подход выполняет собственную функцию: доходный отражает фундаментальную способность компании создавать денежные потоки, сравнительный задаёт рыночную калибровку, а затратный проверяет экономическую обоснованность оценки с позиции воспроизводства активов.

Включение ESG-факторов усиливает практическую значимость такой модели. Нефинансовые характеристики компании воздействуют на стоимость через риск-премии, прогнозные денежные потоки, рыночные мультипликаторы, будущие капитальные затраты и вероятность обесценения активов. Поэтому ESG-корректировки должны рассматриваться не как внешнее дополнение к оценке, а как часть единой логики анализа стоимости.

Наиболее устойчивым решением является использование адаптивных весов, зависящих от качества исходных данных, специфики отрасли, прогнозируемости денежных потоков, ликвидности рынка аналогов и структуры активов оцениваемой компании. Это делает итоговую оценку более прозрачной, снижает риск методологических противоречий и позволяет получить результат, который лучше отражает реальное положение бизнеса в условиях неопределённости и трансформации инвестиционной среды.

Литература

1. Правительство РФ. Постановление от 21.09.2021 № 1587 «Критерии проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации» (таксономия «зеленых» и адаптационных проектов). URL: https://static.government.ru/media/acts/files/1202109240043.pdf
2. Минэкономразвития России. Методические рекомендации по подготовке отчетности об устойчивом развитии (утв. приказом/документом Минэкономразвития; официальный PDF). URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764_2023-11-01.pdf
3. РСПП. Базовые индикаторы результативности: Рекомендации по использованию в практике управления и корпоративной нефинансовой отчетности. — М.: РСПП, 2008. URL: https://rspp.ru/12/7862.pdf
4. НКР (National Credit Ratings). Методология присвоения ESG-рейтингов (официальный PDF). URL: https://www.ratings.ru/files/methodologies/2023/ESG_methodology_270623.pdf
5. Захматов Д. Ю. Система ESG-координат в методологии оценки стоимости активов // (научная статья). 2022. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-esg-koordinat-v-metodologii-otsenki-stoimosti-aktivov

A comprehensive model for assessing the value of a company based on a synthesis of modified approaches

Durinin P.D.
«Synergy» University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines an integrated company valuation model designed for conditions of high uncertainty, industry transformation and the growing importance of non-financial factors. The need to move beyond the isolated application of income, market and cost approaches is substantiated, with emphasis placed on their coordinated use within a unified methodological framework. Special attention is given to the incorporation of ESG factors into valuation procedures through adjustments to the discount rate, revision of forecast cash flows, application of ESG-based valuation multiples and consideration of future costs related to environmental and industrial modernization of assets. The article shows that an integrated valuation model should not be reduced to a mechanical averaging of different valuation results, since such an approach may create methodological inconsistencies and distort the final value estimate. A more robust solution is a model based on normalization of the information base, consistency of assumptions, adaptive weighting of valuation approaches and scenario testing of the result. This approach improves the transparency of valuation, reduces the risk of subjective bias and provides a more accurate reflection of the company's financial, market, asset-based and non-financial characteristics.

Keywords: company valuation, integrated valuation model, income approach, market approach, cost approach, ESG factors, adaptive weights, sustainable development.

References

1. Government of the Russian Federation. Resolution No. 1587 of September 21, 2021, "Criteria for Sustainable (Including Green) Development Projects in the Russian Federation" (taxonomy of "green" and adaptation projects). Available at: https://static.government.ru/media/acts/files/1202109240043.pdf
2. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Methodological Recommendations for Preparing Sustainability Reports (approved by order/document of the Ministry of Economic Development; official PDF). Available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/70c9039795779d4b5b55c3fb8066afd3/764_2023-11-01.pdf
3. RSPP. Basic Performance Indicators: Recommendations for Use in Management Practice and Corporate Non-Financial Reporting. — Moscow: RSPP, 2008. URL: https://rspp.ru/12/7862.pdf
4. NCR (National Credit Ratings). Methodology for assigning ESG ratings (official PDF). URL: https://www.ratings.ru/files/methodologies/2023/ESG_methodology_270623.pdf
5. Zakhmatov D. Yu. The ESG coordinate system in the asset valuation methodology // (scientific article). 2022. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-esg-koordinat-v-metodologii-otsenki-stoimosti-aktivov

Динамика российского рынка страхования жизни в 2017–2024 годах и предпосылки введения долевого страхования

Попова Тамара Александровна
кандидат экономических наук, доцент, кафедра финансового рынка и финансовых институтов, НГУЭУ, popova.tamara1985@gmail.com,

Ермошенко Светлана Алексеевна
студентка, кафедра финансового рынка и финансовых институтов НГУЭУ, demermeh@gmail.com

В статье проведён анализ динамики и структурных изменений российского рынка страхования жизни в период с 2017 по 2024 год в разрезе сегментов инвестиционного и накопительного страхования жизни. На основе данных Банка России, Всероссийского союза страховщиков и аналитических материалов АКРА и ЭкспертРА выявлены ключевые факторы, обусловившие последовательное снижение доли ИСЖ и формирование структурного запроса рынка на новый инвестиционно-страховой инструмент. Исследование охватывает проблематику мисселинга, динамику каналов дистрибуции и влияние макроэкономических шоков 2022 года на потребительское поведение. Проведённый анализ позволяет обосновать закономерность введения долевого страхования жизни в российское законодательство в 2025 году как институционального ответа на накопившиеся структурные противоречия рынка. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методических подходов к оценке экономической эффективности продуктов долевого страхования жизни для страховых организаций.

Ключевые слова: страхование жизни; инвестиционное страхование жизни; накопительное страхование жизни, долевое страхование жизни, мисселинг, банковский канал продаж, страховой рынок, Банк России.

Для понимания природы и обоснованности введения долевого страхования жизни необходимо последовательно рассмотреть хронологию событий, представленную на рисунке 1, статистику и структурные противоречия, которые определили логику эволюции рынка.

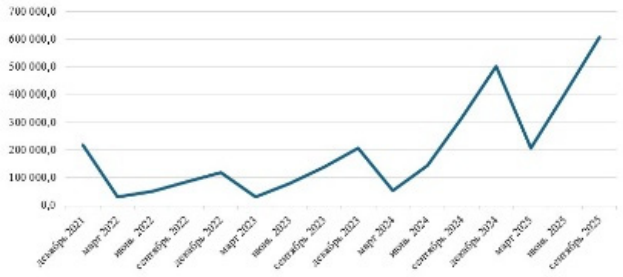


Рисунок 1. Страховые премии по договорам инвестиционного страхования жизни с декабря 2021 года по сентябрь 2025, млн. руб.

Инвестиционное страхование жизни как самостоятельный массовый продукт сформировалось на российском рынке в 2014–2015 годах. До этого момента полисы ИСЖ позиционировались как решение для состоятельных клиентов. Именно в это время банки начали активно предлагать полисы инвестиционного страхования жизни клиентам, пришедшим открыть депозит, предлагая их как инструмент с потенциально более высокой доходностью и гарантией возврата капитала. Макроэкономический контекст благоприятствовал такому позиционированию. В декабре 2014 года Банк России поднял ключевую ставку до 17% годовых [5], что привело к резкому росту ставок по депозитам и столь же резкому их падению в последующие годы по мере снижения ключевой ставки – с 11% в начале 2016 года до 10% к концу того же года. Вкладчики, лишавшиеся привычной депозитной доходности, становились целевой аудиторией для ИСЖ. В 2015 году сегмент страхования жизни обеспечил наибольший прирост взносов в размере 21,2 млрд рублей главным образом за счёт активного развития инвестиционного страхования жизни [18]. В первом полугодии 2016 года также наблюдается прирост взносов по страхованию жизни в основном за счет роста инвестиционного страхования жизни, которое обеспечило 77% всего абсолютного прироста взносов. [19]

В 2017–2018 годах ИСЖ окончательно утвердилось в качестве главного драйвера рынка страхования жизни. По итогам первого полугодия 2017 года темп прироста премий по страхованию жизни составил 59%, в первом полугодии 2018-го – 45,7%, при этом на долю ИСЖ приходилось 66,1% совокупных взносов по страхованию жизни. В абсолютном выражении объём сборов по страхованию жизни за первую половину 2018 года достиг 205,7 млрд рублей, из которых 136 млрд рублей – премии по ИСЖ, что на 47,6 млрд рублей больше, чем в первом полугодии 2017-го. Страхование жизни в целом обеспечивало 75% абсолютного прироста всего страхового рынка [10].

ИСЖ реализовывалось преимущественно через банковский канал. Банки-агенты получали от страховщиков высокое комиссионное вознаграждение, что создавало экономические стимулы для агрессивных продаж [4]. Между тем уже в этот период Банк России фиксировал признаки системного мисселинга. Сотрудники банков нередко представляли ИСЖ клиентам как «вклад с повышенной доходностью», не раскрывая в полной мере инвестиционные риски и условия досрочного расторжения договора. Масштаб проблемы потребовал институционального ответа. С февраля 2019 года Банк России выделил жалобы на мисселинг в отдельную категорию учёта, и уже в первые месяцы наблюдений стало очевидно, что наибольшее число обращений приходится на кредитные организации и страховщиков – прежде всего в части реализации полисов ИСЖ [6].

В 2019 году рынок страхования жизни впервые после десятилетия непрерывного роста показал отрицательную динамику. По данным Банка России, премии по ИСЖ за первые девять месяцев 2019 года сократились на 33,4% по сравнению с аналогичным периодом 2018-го – до 141 млрд рублей, вернувшись тем самым к уровню девяти месяцев 2017 года. Совокупные взносы по инвестиционному и накопительному страхованию жизни в рассматриваемом периоде упали на 17% против роста на 41,2% годом ранее. Объём премий по страхованию жизни за девять

месяцев 2019 года составил 288 млрд рублей, что на 11,4% ниже, чем за соответствующий период 2018 года [20]. Одной из причин стало массовое разочарование клиентов, которые по истечении трех-пятилетних договоров ИСЖ получили доходность существенно ниже ожидаемой и ниже банковских депозитов. С февраля по июнь 2019 года Банк России получил 1,8 тыс. жалоб на мисселинг инвестиционного страхования жизни, в 65,7% случаев реализованных через банковский канал продаж [16].

Регулятор был вынужден констатировать, что навязывание ИСЖ под видом депозита приобрело массовый и системный характер, так как доля жалоб на мисселинг в общем объёме обращений граждан на протяжении всего 2019 года устойчиво росла – с 1,26% в I квартале до 1,54% в IV квартале [13].

Под давлением рынка и регулятора началось перераспределение, при котором НСЖ начало отвоёвывать долю у ИСЖ, показав за девять месяцев 2019 года прирост премий более чем на 50% [20].

Структура жалоб, представленная на рисунке 2, демонстрирует доминирование ИСЖ как объекта недобросовестных продаж.

Рисунок 3. Распределение жалоб, связанных с мисселингом, в разрезе тематик, январь-декабрь 2020 года, %

Вместе с тем смена лидера роста не означала решения проблемы недобросовестных продаж. Структура жалоб на мисселинг по итогам 2020 года, свидетельствует о том, что реализация полисов ИСЖ формировала 54,9% всех обращений, тогда как НСЖ занимало второе место с долей 17,7%, – в совокупности два продукта аккумулировали более 72% всех жалоб на мисселинг. В первом полугодии 2020 года Банк России зафиксировал 1,3 тыс. жалоб на мисселинг, из которых 51,6% касались ИСЖ, что подтверждает сохранение проблемы на протяжении всего года. [14].

По итогам 2020 года совокупные премии по страхованию жизни превысили 450 млрд рублей, показав годовой прирост на 4,1% [17]. Сегмент ИСЖ впервые продемонстрировал снижение сборов на 4,4%, до 188,3 млрд рублей против 196,9 млрд рублей годом ранее, утратив тем самым доминирующее положение в структуре премий по страхованию жизни. Основным драйвером роста в указанный период выступило НСЖ, объём премий по которому увеличился на 24,3%, с 109,5 до 136,1 млрд рублей, а его удельный вес в совокупных сборах по страхованию жизни достиг 30,0% [17]. Обозначившийся структурный сдвиг в пользу НСЖ отражал изменение потребительских предпочтений страхователей, разочарованных низкой инвестиционной доходностью полисов ИСЖ и переориентировавшихся на продукты с гарантированными условиями накопления.

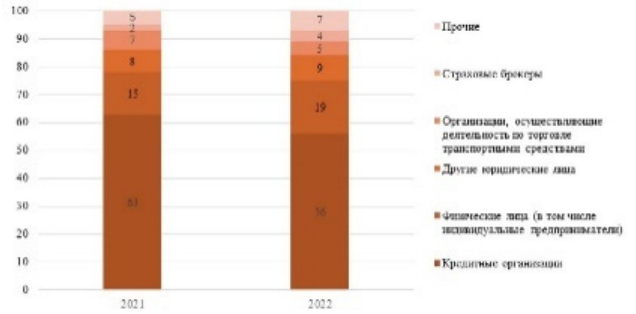


Рисунок 3. Структура распределения вознаграждения посредникам (% от совокупной величины вознаграждения)

В 2021 году совокупные сборы по ИСЖ составили 219,4 млрд рублей, по НСЖ 156,4 млрд рублей, при этом на ИСЖ, НСЖ и кредитное страхование жизни в 2021–2023 годах приходилось более 95% всех премий по страхованию жизни. Столь высокая концентрация продуктов в нескольких сегментах предопределяла и структуру каналов сбыта, представленную на рисунке 3. Кредитные организации аккумулировали 63% совокупного вознаграждения посредников в 2021 году и 56% в 2022 году, что подтверждает их определяющую роль в продвижении продуктов страхования жизни на протяжении рассматриваемого периода [7].

Как видно из приведённых данных, несмотря на сохранение доминирующего положения банковского канала, его удельный вес в структуре вознаграждения посредников последовательно сокращался, что свидетельствует о начале диверсификации каналов дистрибуции страховых продуктов жизни.

Совокупность дестабилизирующих факторов 2022 года, в том числе геополитические события и резкое повышение ключевой ставки, повлекли за собой значительное сокращение сборов по ИСЖ, которые по итогам года составили 118,3 млрд рублей, снизившись почти вдвое относительно уровня предшествующего года. НСЖ на этом фоне продемонстрировало рост на 58,6%, достигнув 247,9 млрд рублей, фактически компенсировав выпавшие объёмы смежного сегмента [7].

Заморозка выплат инвестиционного дохода по договорам ИСЖ, базовые активы которых оказались под санкционными ограничениями, нанесла существенный удар по репутации продукта. Клиенты, не получившие ожидаемого дохода по завершившимся полисам, формировали негативный потребительский опыт, снижавший готовность страхователей как к пролонгации, так и к заключению новых договоров [3]. Одновременно нестабильная макроэкономическая обстановка и резкий рост ключевой ставки объективно затрудняли формирование новых продуктовых стратегий для страховщиков, поскольку прежние инвестиционные механизмы утратили работоспособность. Резкое падение квартальных сборов по ИСЖ в 2022 году фиксирует именно тот момент, когда подрыв доверия к продукту и невозможность предложить клиенту жизнеспособную инвестиционную стратегию совпали во времени, вынудив страховщиков приступить к переработке продуктовой линейки.

В 2023 году страховой рынок вырос на 25,8%, достигнув 2,3 трлн рублей совокупных сборов. Совокупные сборы в сегменте некредитного страхования жизни увеличились более чем в 1,5 раза, до 560,3 млрд рублей. В относительном выражении ИСЖ росло быстрее НСЖ вследствие эффекта низкой базы 2022 года. Сборы по ИСЖ повысились на три четверти к уровню предшествующего года, до 207,9 млрд рублей, однако сегмент так и не восстановился до значений 2021 года, составлявших 219,4 млрд рублей. Объём взносов по НСЖ в 2023 году увеличился на 42,2%, до 352,4 млрд рублей, демонстрируя более устойчивую положительную динамику. В результате за два года структура некредитного страхования жизни претерпела существенные изменения, при которых удельный вес НСЖ вырос, достигнув 63% совокупных сборов, что свидетельствует об устойчивом смещении потребительских предпочтений в пользу продуктов с консервативной инвестиционной стратегией [7].

Регуляторная работа Банка России по снижению уровня мисселинга при реализации ИСЖ и НСЖ принесла результаты, вследствие которых, по итогам 2023 года число жалоб по данной тематике сократилось. Параллельно происходила трансформация структуры каналов сбыта. Доля продаж страховых продуктов через посредников снизилась, составив 72,8% совокупных продаж, при этом банковский канал сохранял доминирующее положение, обеспечив 45,6% премий, полученных при участии посредников [7].

По итогам 2024 года объём страховых взносов в целом по рынку увеличился на 62,8%, достигнув 3,7 трлн рублей, при этом основным драйвером роста выступило некредитное страхование жизни [9]. Столь значительный прирост был обусловлен двумя взаимосвязанными факторами. Первым из них стало изменение с 2021 года порядка налогообложения доходов по банковским вкладам, тогда как доходы по полисам страхования жизни продолжали облагаться по более льготной схеме, что в условиях высоких процентных ставок делало краткосрочные полисы ИСЖ и НСЖ предпочтительнее аналогичных депозитов для состоятельных клиентов [1]. В результате доля премий по договорам со сроком действия до одного года выросла с 1,6% совокупных сборов в 2021 году до 38,6% по итогам девяти месяцев 2024-го, а взносы по таким полисам за тот же период увеличились в 6,7 раза. Вторым фактором послужило стремление клиентов зафиксировать повышенную доходность на длительный срок. При ключевой ставке 21% на конец 2024 года программы НСЖ сроком от трёх до пяти лет становились единственным широкодоступным долгосрочным инструментом с фиксированной доходностью, поскольку банковские депозиты с аналогичными сроками на рынке фактически отсутствовали [1].

По итогам первого полугодия 2025 года совокупные взносы по некредитному страхованию жизни составили 922,6 млрд рублей, увеличившись в 2,1 раза к аналогичному периоду предшествующего года, а доля ИСЖ и НСЖ в совокупных взносах страхового рынка превысила 52%

[11]. По итогам девяти месяцев 2025 года выплаты по договорам НСЖ увеличились более чем в 2,5 раза, до 663,5 млрд рублей, по ИСЖ – вдвое, до 447,4 млрд рублей, что во многом объясняется массовым истечением краткосрочных полисов, заключённых в 2024 году [12].

Проведённый анализ динамики российского рынка страхования жизни в период с 2017 по 2024 год позволяет установить устойчивую закономерность: последовательное снижение инвестиционной привлекательности ИСЖ, обусловленное низкой доходностью, прецедентами невыплат в 2022 году и непрозрачностью продуктовой конструкции, сформировало структурный запрос рынка на качественно иной инструмент. Смещение потребительских предпочтений в пользу НСЖ частично удовлетворило этот запрос, однако не устранило его первопричину – отсутствие прозрачного механизма участия страхователя в инвестиционном результате. Именно эта нереализованная потребность рынка определила направление регуляторной реакции и обусловила введение долевого страхования жизни как продукта, конструктивно устраняющего ключевые недостатки своего предшественника.

Федеральным законом от 25 декабря 2023 года № 631-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в правовую систему был введён принципиально новый инструмент – долевое страхование жизни. Закон прошёл установленные законодательные процедуры: принят Государственной Думой 15 декабря, одобрен Советом Федерации 22 декабря и подписан Президентом Российской Федерации 25 декабря 2023 года. Основной массив нормативных положений, непосредственно регулирующих механизм ДСЖ, вступил в юридическую силу с 1 января 2025 года.

С точки зрения правовой конструкции ДСЖ последовательно устраняет ключевые недостатки инвестиционного страхования жизни, многолетняя практика применения которого выявила существенные проблемы с прозрачностью и добросовестностью продаж. В рамках договора ДСЖ страхователь самостоятельно определяет паевые инвестиционные фонды, в которые направляются внесённые им средства, при этом стоимость паёв рассчитывается ежедневно и в полной мере открыта для страхователя. Инвестиционный риск в данной конструкции полностью возлагается на страхователя, что объективно исключает возможность позиционирования продукта как инструмента с гарантированной доходностью.

Страховщик, осуществляющий деятельность в сфере ДСЖ, обязан располагать лицензией управляющей компании на управление инвестиционными фондами, паевыми инвестиционными фондами и негосударственными пенсионными фондами, либо передавать привлечённые средства в доверительное управление организации, имеющей соответствующую лицензию.

По оценке Аналитического кредитного рейтингового агентства, совокупный потенциал сегментов ИСЖ и ДСЖ в 2025 году составляет порядка 340 млрд рублей, при этом ДСЖ способно частично замещать ИСЖ, однако само по себе не генерирует дополнительных объёмов рынка. Иными словами, речь идёт о качественном преобразовании структуры спроса, а не о его количественном расширении. Введение ДСЖ вписывается в общемировую трансформацию страхования жизни – от преимущественно защитного инструмента к полноценному механизму долевого участия граждан в финансовом рынке, оформленному в виде долгосрочного страхового договора.

На договоры ДСЖ распространяется налоговый режим, установленный для добровольного страхования жизни, что формирует дополнительные стимулы долгосрочного участия граждан в инвестиционном процессе через страховой механизм.

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы. Доминирование ИСЖ в структуре страховых премий, достигшее пика в 2017–2018 годах, носило во многом искусственный характер, поскольку продукт активно продвигался через банковский канал как альтернатива депозиту при систематически низкой реальной доходности. Макроэкономические потрясения 2022 года выступили катализатором структурной перестройки рынка, ускорив смещение потребительских предпочтений в пользу НСЖ и обнажив уязвимость продуктов с привязкой к иностранным активам. Устойчивый рост жалоб на мисселинг на протяжении всего рассматриваемого периода свидетельствует о системном, а не эпизодическом характере проблемы недобросовестных продаж.

Совокупность указанных факторов обусловила закономерность введения долевого страхования жизни как продукта, конструктивно устраняющего ключевые недостатки своего предшественника за счёт прозрачности инвестиционной составляющей и законодательно закреплённого разграничения рисков. Успешность внедрения ДСЖ будет определяться способностью страховых организаций разработать экономически эффективные продуктовые модели, отвечающие интересам как страхователей, так и страховщиков.

Литература

1. Аналитическое Кредитное Рейтинговое Агентство (АКРА). Два фактора взлёта страхования жизни [Электронный ресурс] / АКРА. – М., 2025. – URL: https://www.acra-ratings.ru/upload/iblock/db3/gh7uw740boz4qdwz6j3l50s8yr74dbs2/20250120_RFIAB.pdf
2. Анохин, Н. В. Современные тренды финансового рынка / Н. В. Анохин, Т. А. Попова, Н. Г. Протас // Вестник НГУЭУ. -- 2019. -- № 1. -- С. 152–160. -- EDN ZCYLOP. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37297249
3. Банк России разрешил страховщикам не выплачивать доход по замороженным активам ИСЖ [Электронный ресурс] // АСН-Новости. – 2023. – URL: https://www.asn-news.ru/news/82179
4. Банк России. Банк России предлагает усовершенствовать регулирование инвестиционного страхования жизни [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2018. – URL: https://cbr.ru/press/event/?id=2202
5. Банк России. Ключевая ставка Банка России [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2014–2026. – URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/
6. Банк России. Направления защиты прав потребителей финансовых услуг [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2021. – URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/117853/inf_note_jan_1921.pdf
7. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за 2022 год [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2023. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/43835/review_insure_22Q4.pdf
8. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за 2023 год [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2024. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/48987/review_insure_23Q4.pdf
9. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за 2024 год [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2025. – URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/55214/review_insure_24Q4.pdf
10. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за II квартал 2018 года [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2018. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/24026/review_insure_18Q2.pdf
11. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за II квартал 2025 года [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2025. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/57222/review_insure_25Q2.pdf
12. Банк России. Обзор ключевых показателей деятельности страховщиков за III квартал 2025 года [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2025. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59454/review_insure_25Q3.pdf
13. Банк России. Отчёт о работе с жалобами. Январь–декабрь 2019 года [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2020. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/27316/2019_4.pdf
14. Банк России. Статистика жалоб, поступивших в Банк России: итоги первого полугодия 2020 года: пресс-релиз от 5 августа 2020 г. [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2020. – URL: https://www.cbr.ru/press/event/?id=7995
15. Банк России. Указание от 5 октября 2021 г. № 5968-У «О минимальных (стандартных) требованиях к условиям и порядку проведения накопительного страхования жизни и инвестиционного страхования жизни» [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2021. – URL: https://cbr.ru/press/event/?id=12567
16. Банк России. Число жалоб потребителей финансовых услуг в Банк России продолжает снижаться: статистика за первое полугодие 2019 года: пресс-релиз от 4 августа 2019 г. [Электронный ресурс] / Банк России. – М., 2019. – URL: http://cbr.ru/Press/event/?id=2790
17. Всероссийский союз страховщиков. Итоги рынка страхования жизни за 2020 год: пресс-релиз [Электронный ресурс] / ВСС. – М., 2021. – URL: https://www.insur-info.ru/press/157538/
18. Эксперт РА. Итоги 2015 года на страховом рынке: скрытое падение [Электронный ресурс] / Рейтинговое агентство «Эксперт РА». – М., 2016. – URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/itogi_2015/

19. Эксперт РА. Страхование жизни в России: локальный рост [Электронный ресурс] / Рейтинговое агентство «Эксперт РА». – М., 2016. – URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/life_insurance_1p2016/

20. Эксперт РА. Страхование жизни в России: стратегия компенсации [Электронный ресурс] / Рейтинговое агентство «Эксперт РА». – М., 2019. – URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/life_insurance_9m2019/

21. Эксперт РА. Эксперты предсказали двукратное сокращение сборов по ИСЖ [Электронный ресурс] / Эксперт РА. – М., 2022. – URL: https://raexpert.ru/researches/publications/rbc_dec07_2022/

Dynamics of the Russian life insurance market in 2017–2024 and prerequisites for the introduction of unit-linked insurance

Popova T.A., Ermoshenko S.A.
Novosibirsk State University of Economics and Management

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article analyzes the dynamics and structural changes of the Russian life insurance market from 2017 to 2024, focusing on the segments of investment life insurance and endowment life insurance. Drawing on data from the Bank of Russia, the All-Russian Insurance Association, and analytical materials from ACRA and Expert RA, the study identifies the key factors behind the consistent decline in the market share of investment life insurance and the emergence of structural demand for a new insurance-investment instrument. The research addresses the issue of misselling, the dynamics of distribution channels, and the impact of the macroeconomic shocks of 2022 on consumer behaviors. The analysis substantiates the introduction of unit-linked life insurance into Russian legislation in 2025 as an institutional response to the accumulated structural contradictions of the market. The findings may be applied in the development of methodological approaches to assessing the economic efficiency of unit-linked life insurance products for insurance organizations.

Keywords: life insurance, investment life insurance, endowment life insurance, unit-linked life insurance, misselling, bancassurance channel, insurance market, Bank of Russia.

References

1. Analytical Credit Rating Agency (ACRA). Two Factors Behind the Life Insurance Rise [Electronic Resource] / ACRA. – Moscow, 2025. – URL: https://www.acra-ratings.ru/upload/iblock/db3/gh7uw740boz4qdwz6j3l50s8yr74dbs2/20250120_RFIAB.pdf
2. Anokhin, N. V. Modern Trends of the Financial Market / N. V. Anokhin, T. A. Popova, N. G. Protas // NSUEM Bulletin. -- 2019. -- No. 1. -- pp. 152–160. -- EDN ZCYLOP. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37297249
3. The Bank of Russia has allowed insurers not to pay income on frozen investment life insurance assets [Electronic resource] // ASN-Novosti. – 2023. – URL: https://www.asn-news.ru/news/82179
4. Bank of Russia. The Bank of Russia proposes to improve the regulation of investment life insurance [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2018. – URL: https://cbr.ru/press/event/?id=2202
5. Bank of Russia. Key rate of the Bank of Russia [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2014–2026. – URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/
6. Bank of Russia. Directions for the protection of the rights of consumers of financial services [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2021. – URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/117853/inf_note_jan_1921.pdf
7. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for 2022 [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2023. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/43835/review_insure_22Q4.pdf
8. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for 2023 [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2024. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/48987/review_insure_23Q4.pdf
9. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for 2024 [Electronic resource] / Bank of Russia. - Moscow, 2025. - URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/55214/review_insure_24Q4.pdf
10. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for the Second Quarter of 2018 [Electronic resource] / Bank of Russia. - Moscow, 2018. - URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/24026/review_insure_18Q2.pdf
11. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for the Second Quarter of 2025 [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2025. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/57222/review_insure_25Q2.pdf
12. Bank of Russia. Review of Key Performance Indicators of Insurers for Q3 2025 [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2025. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59454/review_insure_25Q3.pdf
13. Bank of Russia. Report on Handling Complaints. January–December 2019 [Electronic resource] / Bank of Russia. – Moscow, 2020. – URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/27316/2019_4.pdf
14. Bank of Russia. Statistics of complaints received by the Bank of Russia: results of the first half of 2020: press release dated August 5, 2020 [Electronic resource] / Bank of Russia. - Moscow, 2020. - URL: https://www.cbr.ru/press/event/?id=7995
15. Bank of Russia. Instruction dated October 5, 2021 No. 5968-U "On the minimum (standard) requirements for the terms and procedure for conducting accumulative life insurance and investment life insurance" [Electronic resource] / Bank of Russia. - Moscow, 2021. - URL: https://cbr.ru/press/event/?id=12567
16. Bank of Russia. The number of complaints from consumers of financial services to the Bank of Russia continues to decline: statistics for the first half of 2019: press release dated August 4, 2019 [Electronic resource] / Bank of Russia. - M., 2019. - URL: http://cbr.ru/Press/event/?id=2790
17. All-Russian Union of Insurers. Life Insurance Market Results for 2020: press release [Electronic resource] / VSS. - M., 2021. - URL: https://www.insur-info.ru/press/157538/
18. Expert RA. Results of 2015 in the Insurance Market: Hidden Decline [Electronic resource] / Expert RA Rating Agency. - M., 2016. - URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/itogi_2015/
19. Expert RA. Life Insurance in Russia: Local Growth [Electronic resource] / Expert RA Rating Agency. - Moscow, 2016. - URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/life_insurance_1p2016/
20. Expert RA. Life Insurance in Russia: Compensation Strategy [Electronic resource] / Expert RA Rating Agency. - Moscow, 2019. - URL: https://raexpert.ru/researches/insurance/life_insurance_9m2019/
21. Expert RA. Experts Predict a Halving of Premiums on Investment Life Insurance [Electronic resource] / Expert RA. - Moscow, 2022. - URL: https://raexpert.ru/researches/publications/rbc_dec07_2022/

Цифровизация цепочек создания стоимости в добывающих отраслях: Возможности для повышения прозрачности, подотчетности и справедливости в развивающихся странах

Злобин Никита Олегович
аспирант, кафедра мировой экономики, Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации, logistics@zlobinn.ru

Цифровизация цепочек создания стоимости в добывающих отраслях: Возможности для повышения прозрачности, подотчетности и справедливости в развивающихся странах. Глобальный энергетический переход и растущий спрос на критически важные минералы (литий, кобальт, редкоземельные металлы) создают беспрецедентные возможности для развивающихся стран, богатых природными ресурсами. Однако традиционные механизмы регулирования добывающего сектора остаются неэффективными: ежегодные потери от контрабанды только в Гане достигают $2 млрд, а сектор кустарной и мелкомасштабной добычи (ASM), обеспечивающий 20-30% мирового производства золота и кобальта, продолжает функционировать вне правового поля. В этих условиях цифровые технологии рассматриваются как потенциальное решение проблемы непрозрачности цепочек поставок. Настоящая статья направлена на анализ потенциала цифровых технологий (блокчейн, системы общественного мониторинга, платформы открытых данных и реестры бенефициарных владельцев) для трансформации цепочек создания стоимости в добывающих отраслях развивающихся стран, а также выявление барьеров, препятствующих их масштабированию. Исследование базируется на качественном анализе кейсов с использованием данных из открытых источников: отчетов Инициативы по прозрачности в добывающих отраслях (EITI), научных публикаций, отраслевых СМИ и официальных заявлений регулирующих органов. Рассматриваются примеры внедрения цифровых решений в Демократической Республике Конго, Танзании, Нигерии, Гане, Замбии, Анголе и на Филиппинах за период 2024–2026 гг. В отличие от существующих работ, носящих преимущественно технико-оптимистичный характер, данное исследование предлагает системный анализ эмпирических данных 2024–2026 гг., рассматривая как успешные примеры внедрения, так и институциональные, инфраструктурные и социальные ограничения цифровой трансформации добывающего сектора. Особое внимание уделяется сектору ASM, который ранее редко рассматривался как объект цифровой трансформации. Сформулированные рекомендации для правительств, международных организаций и компаний могут быть использованы при разработке стратегий цифровизации добывающего сектора в развивающихся странах с целью повышения прозрачности, подотчетности и справедливого распределения доходов от природных ресурсов.

Ключевые слова: цифровизация, добывающая промышленность, блокчейн, прозрачность, подотчетность, цепочки создания стоимости, развивающиеся страны, кустарная добыча, EITI, бенефициарная собственность.

Введение

Глобальный энергетический переход и стремительный рост спроса на критически важные минералы — литий, кобальт, редкоземельные металлы — кардинально меняют геополитический и экономический ландшафт. По оценкам экспертов, Африканский континент обладает почти 30% мировых запасов критических минералов, необходимых для производства аккумуляторов и высокотехнологичного оборудования. Парадоксально, но доля добавленной стоимости, остающаяся непосредственно в странах-производителях, составляет лишь 10–20%. Остальная часть теряется из-за непрозрачности цепочек поставок, коррупционных схем, контрабанды и институциональной слабости регулирующих органов. Особенно остро эта проблема стоит в странах Африки южнее Сахары, где добывающий сектор традиционно является ключевым источником экспортных доходов, но редко становится драйвером устойчивого развития местных сообществ. Ежегодные потери только от незаконного оборота золота оцениваются в масштабах континента в десятки миллиардов долларов. Например, Гана — крупнейший производитель золота в Африке — ежегодно теряет около $2 млрд из-за контрабанды драгоценного металла. В 2022 году, на пике экономического кризиса, страна потеряла 60 тонн золота стоимостью $1,2 млрд, которые покинули страну нелегальными каналами.

Традиционные механизмы регулирования добывающей отрасли, основанные на бумажном документообороте и разрозненных базах данных, демонстрируют свою неэффективность. В Демократической Республике Конго, где сосредоточены крупнейшие запасы кобальта, ситуация осложняется наличием "кровавых минералов" — ресурсов, добываемых в зонах конфликтов с нарушением прав человека. В конце 2024 года ДРК подала иск против Apple, обвинив компанию в использовании "конфликтных минералов" в своих цепочках поставок, что привело к приостановке закупок из региона. Этот прецедент наглядно демонстрирует, что проблема прозрачности из этической плоскости переходит в плоскость юридической ответственности и репутационных рисков для глобальных корпораций. Особую сложность представляет сектор кустарной и мелкомасштабной добычи (ASM — Artisanal and Small-scale Mining), который обеспечивает значительную долю мирового производства: 25% алмазов, 20% золота, 80% цветных камней и 30% кобальта. Операторы ASM, насчитывающие миллионы человек по всему миру, зачастую лишены доступа к легальным рынкам, зависят от хищнических кредитов посредников и не имеют стимулов для соблюдения экологических и социальных стандартов. В научной литературе последних лет активно обсуждается потенциал технологий распределенного реестра (блокчейн) для повышения прозрачности цепочек поставок. Исследования Jeppsson & Olsson (2017), Choi (2019) и др. демонстрируют, что блокчейн способен обеспечить неизменяемость записей и снизить риски мошенничества [3,5]. Однако, как отмечают Tiscini et al. (2020), большинство работ сосредоточены на общих вопросах применения блокчейна в логистике, тогда как эмпирические исследования в специфическом контексте ASM остаются фрагментарными. Практически не изучены барьеры внедрения цифровых технологий в условиях ресурсных ограничений, низкого уровня образования и отсутствия базовой инфраструктуры [4].

Целью настоящей статьи является анализ потенциала цифровых технологий (блокчейн, системы мониторинга, платформы открытых данных) для трансформации цепочек создания стоимости в добывающих отраслях развивающихся стран. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: систематизировать современные подходы к цифровизации добывающего сектора; проанализировать конкретные кейсы внедрения цифровых решений в странах Африки (Нигерия, Гана, Замбия, ДР Конго, Танзания, Филиппины); выявить ключевые барьеры, препятствующие масштабированию цифровых инициатив; сформулировать рекомендации для различных групп стейкхолдеров (правительства, международные организации, бизнес).

В отличие от существующих исследований, носящих преимущественно технико-оптимистичный характер, данная работа предлагает системный анализ эмпирических данных 2024–2026 гг., включая как успешные примеры внедрения, так и ограничения, связанные с институ-

циональными и инфраструктурными факторами. Особое внимание уделяется сектору ASM, который ранее редко рассматривался как объект цифровой трансформации.

Исследование базируется на качественном анализе кейсов (case-study) с использованием данных из открытых источников: отчетов Инициативы по прозрачности в добывающих отраслях (EITI), научных публикаций, отраслевых СМИ и официальных заявлений регулирующих органов.

Теоретические аспекты и методология

Цепочка создания стоимости в добывающем секторе: концептуальные основы. Понятие "цепочка создания стоимости" (value chain) было введено Майклом Портером в 1985 году и с тех пор стало фундаментальным инструментом анализа отраслевых рынков. Применительно к добывающему сектору цепочка создания стоимости охватывает последовательность этапов - от геологоразведки до конечной реализации минерального сырья, - на каждом из которых формируется добавленная стоимость. Традиционная модель цепочки создания стоимости в добывающей отрасли включает следующие ключевые этапы: геологоразведка и оценка запасов; проектирование и строительство; добыча (промышленным или кустарным способом); переработка и обогащение; транспортировка и логистика; сбыт и экспорт. Именно в точках перехода между этапами возникают основные риски непрозрачности: при выдаче лицензий (коррупция), при транспортировке (контрабанда), при сбыте (трансфертное ценообразование, непрозрачные бенефициарные структуры). По данным EITI, около трети всех доходов от добычи полезных ископаемых в размере 3,1 трлн долларов США, раскрытых в отчетности Инициативы, приходится на государственные предприятия, что создает дополнительные риски непрозрачных финансовых потоков.

Особого внимания заслуживает сектор кустарной и мелкомасштабной добычи (ASM - Artisanal and Small-scale Mining), который в традиционных моделях цепочек стоимости часто остается "невидимым". По оценкам, ASM обеспечивает 20% мировой добычи золота, 25% алмазов и 30% кобальта, однако функционирует преимущественно вне правового поля, что делает этот сегмент ключевым объектом для цифровой трансформации.

Цифровые инструменты как ответ на "провалы рынка". Современная научная дискуссия о цифровизации добывающего сектора развивается в русле институциональной экономической теории, рассматривающей цифровые технологии как механизм снижения транзакционных издержек и асимметрии информации.

Теоретическая рамка исследования: концепция прозрачности и подотчетности. Для целей настоящего исследования мы опираемся на трехкомпонентную модель, разработанную в рамках Инициативы по прозрачности в добывающих отраслях (EITI):

- Прозрачность (transparency) — доступность информации о доходах, контрактах, лицензиях и бенефициарных владельцах для всех заинтересованных сторон. В 2025 году Казахстан получил 56 баллов из 100 по выполнению Стандарта EITI, что классифицируется как «относительно низкий уровень выполнения» из-за недостаточной открытости контрактов и непрозрачности данных о доходах [1].
- Подотчетность (accountability) — наличие механизмов, позволяющих привлекать к ответственности должностных лиц и компании за нарушение установленных правил. В ДР Конго система общественного мониторинга Kufatilia позволила задокументировать более 6000 инцидентов, включая коррупцию и нарушения прав человека, что привело к арестам военных, замешанных в незаконной добыче.
- Справедливость (equity) — обеспечение справедливого распределения доходов от добычи природных ресурсов между государством, инвесторами и местными сообществами. В Гане после внедрения цифрового реестра бенефициарных владельцев были аннулированы лицензии на добычу, владельцы которых имели криминальное прошлое.

Данная теоретическая рамка позволяет оценивать не только техническую эффективность внедрения цифровых решений, но и их реальное влияние на качество управления в добывающем секторе. Барьеры цифровизации: институциональный и инфраструктурный аспекты. Анализ научной литературы и эмпирических данных позволяет выделить две группы барьеров, препятствующих масштабированию цифровых решений в добывающем секторе развивающихся стран [2,13].

Инфраструктурные барьеры. Несмотря на прогресс последних лет, цифровой разрыв остается критическим ограничением. По данным Международного союза электросвязи (ITU), мобильное покрытие в Африке достигло 88,4% населения, однако реально используют мобильный интернет только около 416 млн африканцев (примерно 28% проникновения). Особенно остро проблема стоит в сельских районах, где сосредоточена кустарная добыча: около 600 млн африканцев (примерно половина населения континента) не имеют доступа к электричеству. Стоимость фиксированного широкополосного интернета в странах Африки к югу от Сахары составляет в среднем 20% от подушевого валового национального дохода, тогда как в других развивающихся регионах — менее 6% **(граф. 1)**. Африка располагает менее чем 1% мировых мощностей центров обработки данных, при этом 80% данных континента хранятся за его пределами.

Граф. 1: "Сравнение стоимости интернета в регионах мира"
Источник: Brookings Institution, Foresight Africa 2025-2030, Figure 37. Данные наглядно демонстрируют, что стоимость оборудования и подключения в Африке на 30-40% выше, чем в развитых странах, при существенно более низкой покупательной способности. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2025/01/Foresight-Africa-2025-2030-Full-report.pdf

Институциональные барьеры. Исследование в Замбии, проведенное в 2025 году, выявило, что внедрение блокчейна в секторе кустарной добычи сталкивается с серьезными препятствиями институционального характера: низкий уровень образования, отсутствие доступа к финансовым услугам, зависимость от хищнических кредитов посредников. Без решения этих проблем технология не может быть эффективно внедрена. Кроме того, сохраняются проблемы политического характера. В Таджикистане, несмотря на запуск портала бенефициарной собственности, полнота раскрытия данных остается ограниченной из-за конфиденциальности информации о добыче драгоценных металлов [13,20].

Эмпирический анализ: цифровые решения в действии

Цифровая трансформация добывающего сектора в развивающихся странах перестала быть абстрактной концепцией и превратилась в реальность, подтвержденную конкретными кейсами последних двух лет. Анализ показывает, что внедрение цифровых инструментов идет по трем основным направлениям: системы общественного мониторинга на базе мобильных технологий, блокчейн-платформы для отслеживания происхождения сырья и государственные инициативы по раскрытию данных о бенефициарных владельцах. Каждое из этих направлений решает специфические проблемы, но все они работают на достижение общей цели - повышение прозрачности и подотчетности в управлении природными ресурсами.

Системы общественного мониторинга: опыт ДР Конго и Танзании

Наиболее впечатляющим примером низового (grassroots) подхода к цифровизации является платформа Kufatilia, разработанная Международной информационной службой по вопросам мира и безопасности (IPIS) при технической поддержке Ulula[1]. Запущенная первоначально в провинциях Северное Киву, Южное Киву, Итури и Верхнее Уэле в Демократической Республике Конго, система позволяет представителям местных сообществ в режиме реального времени сообщать об инцидентах в горнодобывающем секторе через обычные мобильные телефоны. Механика работы Kufatilia предельно проста, но эффективна: обученные представители гражданского общества фиксируют случаи коррупции, нарушений прав человека, детского труда или конфликтов вокруг доступа к ресурсам и отправляют структурированные сообщения в централизованную базу данных. За время работы системы задокументировано более 6000 инцидентов, причем информация оказалась настолько убедительной, что привела к арестам военных, замешанных в незаконной добыче полезных ископаемых. Успех конголезского опыта привел к его географическому расширению. В марте 2025 года система под названием

Kufuatilia была официально запущена в Танзании, в регионе Мара. Запуск сопровождался обучением местных организаций гражданского общества и адаптацией платформы к местным условиям.

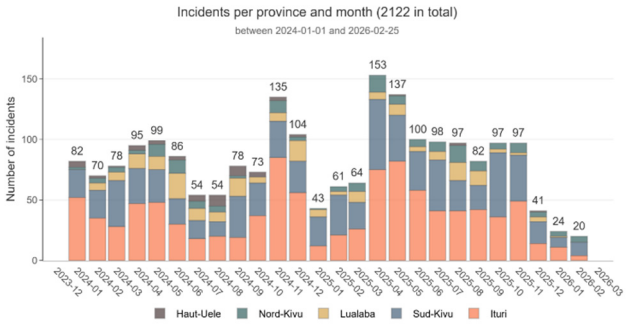


Рис. 3: " График зарегистрированных инцидентов системы Kufatilia/Kufuatilia в регионах ЮАР с указанием количества по провинциям"

Источник: IPIS (International Peace Information Service), отчеты за 2024-2026 гг. https://ipisresearch-dashboard.shin□apps.io/kufatilia_app/

Инициативы по раскрытию данных: опыт Ганы, Филиппин и Замбии

Одно из направлений цифровизации — раскрытие информации о бенефициарных владельцах добывающих компаний. Прозрачность в этой сфере критически важна, поскольку именно через подставные структуры часто скрываются конечные выгодоприобретатели коррупционных схем. Гана добилась впечатляющих успехов благодаря участию в программе Opening Extractives, реализуемой EITI и Open Ownership. С 2021 года, когда стартовала программа, количество деклараций о бенефициарной собственности выросло с 24 256 до 175 984 по состоянию на сентябрь 2025 года — рост более чем на 600%. Совместно с программой был разработан инструмент комплексной проверки, который помогает лицензирующим органам оценивать заявки на получение лицензий с использованием данных о собственности. Расследование в регионе Кробо выявило массовую неуплату роялти, наличие нелицензированных карьеров и компаний с непрозрачными структурами собственности.

На Филиппинах Комиссия по ценным бумагам и биржам (SEC) и Министерство финансов в сентябре 2025 года подписали соглашение об обмене данными о бенефициарных владельцах компаний нефтегазового и горнодобывающего секторов. Соглашение предоставляет Филиппинской инициативе по прозрачности в добывающих отраслях (PH-EITI) расширенный доступ к корпоративным данным, включая информацию о бенефициарных владельцах, что необходимо для борьбы с коррупцией. Замбия стала первой в Африке, опубликовавшей данные G-Factor для природных ресурсов — показателя, отражающего долю доходов от добычи, которую компании выплачивают правительству в виде налогов и дивидендов. Представители Замбийской инициативы по прозрачности в добывающих отраслях (ZEITI) уже ведут переговоры с Мозамбиком о сотрудничестве в этой области.

Ангола в октябре 2025 года запустила цифровой горный кадастр (Angola Digital Mining Cadastre), призванный автоматизировать и оцифровать все процессы, связанные с лицензированием, регистрацией, демаркацией и инспекцией. Одновременно с кадастром внедряются передовые технологии отслеживания для обеспечения достоверности сертификации ангольских минералов на пути от шахты до потребителя.

Анализ барьеров: почему технологии не работают в вакууме

Исследование в Замбии на изумрудных месторождениях NRERA - возможно, самый важный кейс с точки зрения понимания ограничений цифровой трансформации. Оно наглядно демонстрирует разрыв между технологическим потенциалом и реальностью в секторе кустарной и мелкомасштабной добычи.

Цифры говорят сами за себя: 72,7% операторов имеют только базовое образование, 81,8% зависят от хищнических неформальных кредитов, 90,9% сталкиваются с отсутствием надежного электроснабжения и интернета. В этих условиях требование использовать блокчейн для отслеживания происхождения изумрудов звучит как издевательство. Человек, у которого нет электричества и который вынужден брать кредиты под грабительские проценты у местных посредников, просто физически не может соответствовать требованиям цифровой экономики.

Отсюда следует принципиальный вывод: **цифровизация не может быть успешной без сопутствующих инвестиций в человеческий капитал, инфраструктуру и финансовые механизмы**. Более того, при отсутствии таких инвестиций технологии могут усугубить неравенство, создав двухуровневую систему: крупные промышленные операторы получат доступ к премиальным рынкам благодаря цифровым паспортам, а мелкие старатели будут окончательно вытеснены в неформальный сектор с еще более хищническими условиями.

Другая группа барьеров носит институциональный характер. Опыт Таджикистана, упомянутый в теоретическом разделе, показывает, что даже при формальном наличии цифровых реестров полнота раскрытия данных может оставаться ограниченной из-за законодательных ограничений или отсутствия политической воли. Технология сама по себе не может заставить раскрывать информацию, если национальное законодательство позволяет скрывать бенефициарных владельцев под предлогом коммерческой или государственной тайны. Кроме того, сохраняется проблема координации между различными инициативами. В Гане одновременно развиваются система раскрытия бенефициарных владельцев, законопроект о Золотом совете и блокчейн-платформа PMMC. В идеале эти инструменты должны быть интегрированы, чтобы данные о собственниках компаний автоматически сверялись с данными о перемещении золота. На практике такая интеграция требует значительных административных ресурсов и межведомственного взаимодействия, которое далеко не всегда реализуемо.

Заключение

Проведенное исследование цифровизации цепочек создания стоимости в добывающих отраслях развивающихся стран позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов.

Анализ эмпирических кейсов 2024–2026 годов демонстрирует, что цифровые технологии действительно способны трансформировать механизмы управления природными ресурсами. Система Kufatilia в Демократической Республике Конго, документировавшая более 6000 инцидентов и приведшая к арестам военных, замешанных в незаконной добыче, подтверждает потенциал мобильных платформ для повышения подотчетности. Платформа Sabi TRACE в Нигерии, создавшая цифровые паспорта для 100 000 тонн лития и обеспечившая мелким производителям доступ к международным рынкам, демонстрирует, как блокчейн может формализовать сектор кустарной добычи. Опыт Ганы с ростом деклараций о бенефициарной собственности на 600% показывает, что раскрытие данных становится работающим инструментом, а не формальной отчетностью. Вместе с тем исследование выявило системные ограничения, без преодоления которых цифровые инструменты рискуют остаться точечными решениями. Изучение внедрения блокчейна в замбийском секторе ASM показало, что при отсутствии базовой инфраструктуры, доступа к электричеству и образованию технологические интервенции обречены на неудачу. Цифровой разрыв в Африке остается критическим: стоимость широкополосного интернета составляет в среднем 20% от подушевого валового национального дохода, а 600 млн человек не имеют доступа к электричеству.

Полученные результаты развивают концептуальное понимание прозрачности как социально-технического феномена. Цифровая прозрачность, будучи представленной как "технологическая вершина подотчетности", одновременно действует через механизмы сокрытия и исключения, если не учитывает сложные реалии повседневной жизни и труда старателей. Технологии не нейтральны — в отсутствие институциональной поддержки они могут усугублять неравенство.

Для правительств развивающихся стран приоритетом должно стать создание интегрированной цифровой экосистемы, объединяющей реестры бенефициарных владельцев, таможенные и налоговые системы. Опыт Замбии с ZIMIS и Анголы с цифровым горным кадастром демонстрирует правильное направление. Для международных организаций критически важно сместить фокус с технологий на людей, поддерживая создание кооперативов старателей и адаптированные мобильные интерфейсы. Для компаний прозрачность перестает быть вопросом доброй воли — новые регуляторные требования ЕС и судебные прецеденты превращают инвестиции в прозрачность в условие выживания на рынке.

Представляются перспективными три направления дальнейших исследований. Во-первых, необходимы количественные исследования, оценивающие влияние цифровизации на бюджетные доходы и социально-экономическое развитие сообществ в добывающих регионах. Во-вторых, требует изучения вопрос масштабирования успешных пилотов. В-третьих, актуальна разработка стандартов цифровой идентификации минерального сырья на глобальном уровне.

Завершая исследование, подчеркнем: цифровые технологии — необходимый, но недостаточный инструмент трансформации добывающего сектора. Они создают возможности, но реализация этих возможно-

стей зависит от институциональной среды, политической воли и вовлеченности местных сообществ. Технология без институтов — это решение в поисках проблемы; институты, подкрепленные технологией, — это фундамент устойчивого развития. Как справедливо отмечают участники дискуссий на Mining Indaba 2026, следующий бум в горнодобывающей промышленности будет определяться не тем, сколько добыто, а качеством решений, принятых на основе данных.

Литература

1. Calvão F., Archer M. Digital extraction: Blockchain traceability in mineral supply chains // Political Geography. 2021. Vol. 87. Article 102381. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102381
2. Hilson G., Hu Y. Artisanal and small-scale mining (ASM) in sub-Saharan Africa: Re-conceptualizing formalization and "illegal" activity // Geoforum. 2022. Vol. 131. P. 155-165. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.02.010
3. Jeppsson A., Olsson O. Blockchain as a tool for transparency and traceability in supply chains // Journal of Industrial Engineering and Management. 2017. Vol. 10. No. 4. P. 692-711. https://doi.org/10.3926/jiem.2380
4. Tiscini R., Testarmata S., Ciaburri M., Ferrari E. The blockchain as a sustainable business model innovation // Management Decision. 2020. Vol. 58. No. 8. P. 1621-1642. https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1281
5. Choi T.M. Blockchain technology for sustainable supply chains // International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57. No. 7. P. 2147-2162.
6. Cartier L.E., Ali S.H., Krzemnicki M.S. Blockchain, chain of custody and trace elements: An overview of tracking and traceability opportunities in the gem industry // Journal of Gemmology. 2018. Vol. 36. No. 3. P. 212-227.
7. Lüdeke-Freund F. Business models for sustainability innovation: Conceptual foundations and the case of solar energy // Journal of Business Economics. 2013. Vol. 83. No. 6. P. 685-725.
8. Bocken N.M.P., Short S.W., Rana P., Evans S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 65. P. 42-56.
9. Siwale A., Siwale T. The artisanal and small-scale mining sector in Zambia: Challenges and opportunities // Journal of Sustainable Mining. 2017. Vol. 16. No. 4. P. 156-163.
10. OECD. Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas. 3rd ed. Paris: OECD Publishing; 2016. 124 p. https://doi.org/10.1787/9789264252479-en
11. Iansiti M., Lakhani K.R. The truth about blockchain // Harvard Business Review. 2017. Vol. 95. No. 1. P. 118-127.
12. Archuleta E. Artisanal and small-scale mining: A global review // Natural Resources Forum. 2016. Vol. 40. No. 4. P. 145-160.
13. Singh A., Kumar V., Irfan M., Mohandes S.R., Awan U. Unveiling barriers to blockchain adoption in supply chains // Technological Forecasting and Social Change. 2023. Vol. 189. Article 122378.
14. Kwok A., Treiblmaier H. Blockchain technology and sustainability: A systematic review and future research agenda // Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 434. Article 139876.
15. Evans S., Vladimirova D., Holgado M., Van Fossen K., Yang M., Silva E.A., Barlow C.Y. Business model innovation for sustainability: Towards a unified perspective for creation of sustainable business models // Business Strategy and the Environment. 2017. Vol. 26. No. 5. P. 597-608.
16. Gozman D., Liebenau J., Mangan J. The innovation mechanisms of fintech start-ups // Journal of Management Information Systems. 2018. Vol. 35. No. 1. P. 145-179.
17. Javaid M., Haleem A., Singh R.P., Suman R., Khan S. Blockchain technology applications in healthcare: An overview // International Journal of Intelligent Networks. 2022. Vol. 3. P. 130-139.
18. Jha A.K., Young S., Sattarvand J. Blockchain applications in mining: A review // Mining, Metallurgy & Exploration. 2023. Vol. 40. P. 457-471.
19. Tripoli M., Schmidhuber J. Blockchain for agricultural traceability // FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper. 2018. No. 66. 42 p.
20. McQuilken J. Artisanal and small-scale mining in Zambia: A review of sector challenges and opportunities // IGF Case Study. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development; 2018. 58 p.

Digitalization of value chains in extractive industries: Opportunities for increased transparency, accountability, and fairness in developing countries

Zlobin N.O.

Russian Foreign Trade Academy of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

Digitalization of Value Chains in Extractive Industries: Opportunities for Enhancing Transparency, Accountability, and Equity in Developing Countries. The global energy transition and rising demand for critical minerals (lithium, cobalt, rare earth elements) create unprecedented opportunities for resource-rich developing countries. However, traditional regulatory mechanisms in the extractive sector remain ineffective: annual losses from smuggling alone in Ghana reach $2 billion, while the artisanal and small-scale mining (ASM) sector, accounting for 20-30% of global gold and cobalt production, continues to operate outside legal frameworks. In this context, digital technologies are seen as a potential solution to supply chain opacity. This article analyzes the potential of digital technologies (blockchain, community-based monitoring systems, open data platforms, and beneficial ownership registers) to transform value chains in the extractive industries of developing countries, while identifying barriers to their scaling. The research employs qualitative case study analysis using data from open sources: reports from the Extractive Industries Transparency Initiative (EITI), academic publications, industry media, and official statements from regulatory authorities. Cases of digital solution implementation in the Democratic Republic of Congo, Tanzania, Nigeria, Ghana, Zambia, Angola, and the Philippines during 2024–2026 are examined. Unlike existing studies with predominantly techno-optimistic approaches, this research offers a systematic analysis of empirical data from 2024–2026, examining both successful implementation cases and the institutional, infrastructural, and social constraints of digital transformation in the extractive sector. Particular attention is paid to the ASM sector, previously rarely considered as an object of digital transformation. The formulated recommendations for governments, international organizations, and companies can inform strategies for digitalizing the extractive sector in developing countries to enhance transparency, accountability, and equitable distribution of natural resource revenues.

Keywords: digitalization, extractive industries, blockchain, transparency, accountability, value chains, developing countries, artisanal mining, EITI, beneficial ownership.

References

1. Calvão F., Archer M. Digital extraction: Blockchain traceability in mineral supply chains. Political Geography. 2021;87:102381. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102381
2. Hilson G., Hu Y. Artisanal and small-scale mining (ASM) in sub-Saharan Africa: Re-conceptualizing formalization and "illegal" activity. Geoforum. 2022;131:155-165. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.02.010
3. Jeppsson A., Olsson O. Blockchain as a tool for transparency and traceability in supply chains. Journal of Industrial Engineering and Management. 2017;10(4):692-711. https://doi.org/10.3926/jiem.2380
4. Tiscini R., Testarmata S., Ciaburri M., Ferrari E. The blockchain as a sustainable business model innovation. Management Decision. 2020;58(8):1621-1642. https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1281
5. Choi T.M. Blockchain technology for sustainable supply chains. International Journal of Production Research. 2019;57(7):2147-2162.
6. Cartier L.E., Ali S.H., Krzemnicki M.S. Blockchain, chain of custody and trace elements: An overview of tracking and traceability opportunities in the gem industry. Journal of Gemmology. 2018;36(3):212-227.
7. Lüdeke-Freund F. Business models for sustainability innovation: Conceptual foundations and the case of solar energy. Journal of Business Economics. 2013;83(6):685-725.
8. Bocken N.M.P., Short S.W., Rana P., Evans S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. Journal of Cleaner Production. 2014;65:42-56.
9. Siwale A., Siwale T. The artisanal and small-scale mining sector in Zambia: Challenges and opportunities. Journal of Sustainable Mining. 2017;16(4):156-163.
10. OECD. Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas. 3rd ed. Paris: OECD Publishing; 2016. 124 p. https://doi.org/10.1787/9789264252479-en
11. Iansiti M., Lakhani K.R. The truth about blockchain. Harvard Business Review. 2017;95(1):118-127.
12. Archuleta E. Artisanal and small-scale mining: A global review. Natural Resources Forum. 2016;40(4):145-160.
13. Singh A., Kumar V., Irfan M., Mohandes S.R., Awan U. Unveiling barriers to blockchain adoption in supply chains. Technological Forecasting and Social Change. 2023;189:122378.
14. Kwok A., Treiblmaier H. Blockchain technology and sustainability: A systematic review and future research agenda. Journal of Cleaner Production. 2024;434:139876.
15. Evans S., Vladimirova D., Holgado M., Van Fossen K., Yang M., Silva E.A., Barlow C.Y. Business model innovation for sustainability: Towards a unified perspective for creation of sustainable business models. Business Strategy and the Environment. 2017;26(5):597-608.
16. Gozman D., Liebenau J., Mangan J. The innovation mechanisms of fintech start-ups. Journal of Management Information Systems. 2018;35(1):145-179.
17. Javaid M., Haleem A., Singh R.P., Suman R., Khan S. Blockchain technology applications in healthcare: An overview. International Journal of Intelligent Networks. 2022;3:130-139.
18. Jha A.K., Young S., Sattarvand J. Blockchain applications in mining: A review. Mining, Metallurgy & Exploration. 2023;40:457-471.
19. Tripoli M., Schmidhuber J. Blockchain for agricultural traceability. FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper. 2018;66:42 p.
20. McQuilken J. Artisanal and small-scale mining in Zambia: A review of sector challenges and opportunities. IGF Case Study. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development; 2018;58 p.

Зеленое финансирование как драйвер ESG-трансформации промышленных предприятий: сравнительный анализ стратегий банков Китая и России (2021–2025 гг.)

Кочеткова Дарья Вадимовна
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, d.kochetkova@gsom.spbu.ru

В настоящей статье анализируются дивергентные стратегии банков Китая и России и их влияние на формирование финансовых механизмов, доступных промышленным предприятиям для реализации ESG-трансформации. На основе лонгитюдного тематического анализа отчетов об устойчивом развитии десяти системообразующих банков за период 2021–2024 гг. выявлены ключевые различия в подходах к управлению экологическими рисками, включая четкое разграничение прямого операционного вклада самих банков (Scope 1 и 2) и их опосредованного влияния на заемщиков (Scope 3). Установлено, что если китайские банки под давлением регулятора перешли к жесткому аудиту Scope 3 и финансированию перехода (transition finance) традиционной промышленности, то российские банки в условиях санкционных ограничений переориентировались на внутреннюю ресурсную эффективность и цифровизацию ESG-рисков с применением ИИ-моделей. На основе выявленных институциональных различий формулируются авторские рекомендации по совершенствованию национальных систем зеленого финансирования и стандартизации методологии ESG-рейтингов для промышленных предприятий, что позволит преодолеть существующий разрыв между декларируемыми целями и их практической имплементацией.

Ключевые слова: устойчивое развитие, ESG-рейтинги, зеленое финансирование, банковский сектор, промышленные предприятия, Китай, Россия, санкционное регулирование, механизмы устойчивого развития.

По мере усиления экологических вызовов возросла актуальность принятия принципов устойчивого развития, предложенных Организацией Объединенных Наций [1]. Хотя банковский сектор не является прямым источником значительных промышленных выбросов, он играет роль критически важного медиатора устойчивости. Предоставляя капитал для возобновляемой энергетики и модернизации производств, банки напрямую влияют на траекторию низкоуглеродного перехода реальной экономики [2]. Статистика показывает, что банки стран G7 ответственны за более чем 2,7 млрд тонн выбросов CO_2 через свое кредитование бизнес-проектов (financed emissions), что подчеркивает масштаб их опосредованного влияния на промышленность [3].

Несмотря на наличие исследований, анализирующих стратегии китайских и российских банков [4, 5], существующие знания требуют актуализации. Обзор литературы показывает, что кризисы и экзогенные шоки вынудили банки цифровизировать деятельность, создавая возможности для новых практик [6]. Однако в большинстве работ не проводится четкого концептуального разграничения между прямым операционным вкладом самих банков и их влиянием на заемщиков. Кроме того, геополитическая турбулентность ставит под вопрос правомерность прямого сравнения, если не рассматривать его через призму дивергентных моделей институциональной адаптации [21].

Цель данного исследования — проанализировать, каким образом различия в банковских стратегиях Китая и России формируют финансовые механизмы и оценочные критерии, доступные промышленным предприятиям, стремящимся к ESG-трансформации.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. выявить влияние регуляторной среды на готовность банков финансировать зеленые промышленные проекты и проводить ESG-аудит заемщиков;
2. сравнить подходы китайских и российских банков к управлению экологическими рисками с четким разграничением прямого операционного вклада (Scope 1, 2) и опосредованного влияния на заемщиков (Scope 3);
3. определить, как геополитические шоки 2022 года и последующая нормализация 2023–2024 годов трансформировали механизмы зеленого финансирования промышленности.

Научная новизна заключается в том, что сравнение проводится не как сопоставление операционных показателей, а как анализ дивергентных моделей адаптации к экзогенным шокам, формирующим различные условия для ESG-развития реального сектора экономики [7].

Экономические системы Китая и России характеризуются значительной ролью государства. Эффективность институтов определяет отношение менеджеров к устойчивому развитию [8]. В Китае в 2012 году Народный банк Китая выпустил «Руководящие принципы зеленого кредитования». В июне 2022 года регулятор выпустил обновленные принципы, делающие акцент на оценке рисков инфраструктурных проектов и их подрядчиков [9]. Это создает прямое давление на промышленные компании. В России Банк России утвердил концепцию развития зеленого финансирования в 2019 году. Ключевыми документами стали Федеральный закон № 296-ФЗ и таксономия зеленых проектов ВЭБ.РФ [10]. Однако, в отличие от Китая, российское регулирование долгое время носило рекомендательный характер.

Для корректного сравнения необходимо разграничить два канала воздействия:

1. Прямой операционный вклад (Scope 1 и 2): энергоэффективность офисов, цифровизация услуг.
2. Опосредованное воздействие через финансируемые выбросы (Scope 3): условия кредитования промышленных заемщиков, требования к их ESG-рейтингам.

Именно второй канал представляет наибольший интерес, так как банк выступает здесь как внешний аудитор и стимулятор промышленности [11].

Исследование использует лонгитюдный качественный метод, в частности, сравнительный анализ кейсов [12]. Данные получены из отчетов об устойчивом развитии за 2021–2024 годы. В исследование включены пять крупнейших банков Китая и пять крупнейших банков России

по объему активов (Таблица 1). Выборка обоснована тем, что эти институты являются системообразующими и определяют основные тренды в корпоративном финансировании.

Период 2021–2024 гг. выбран не случайно. Если охват 2021–2023 гг. фиксировал момент острого экзогенного шока, то включение данных за 2024 год позволяет зафиксировать переход от реактивных мер к институциональному закреплению новых механизмов. Более того, регуляторные сигналы конца 2024 – начала 2025 года подтверждают закрепление выявленных траекторий: в России пилотные климатические стресс-тесты переходят в обязательную практику, а в Китае ужесточаются требования к раскрытию Scope 3.

Таблица 1
Выборка банков

Китайские банки	Выручка (2023)	Российские банки	Выручка (2023)
ICBC	807 млрд юаней	Сбербанк	275 млрд руб.
Bank of China	624 млрд юаней	ВТБ	-667,5 млрд руб.*
CCB	108,53 млрд юаней	Газпромбанк	-16,2 млрд руб.*
ABC	269,82 млрд юаней	Альфа-Банк	47,3 млрд руб.
PSBC	281 млрд юаней	Банк Открытие	69 млрд руб.
*Отрицательные значения связаны с макроэкономической волатильностью и переоценкой активов, что само по себе является фактором, влияющим на ESG-стратегии.			

Анализ проводился методом тематического кодирования по трем категориям: стратегическое управление, продуктовая линейка и риск-менеджмент [13]. Китайские банки демонстрируют высокую степень интеграции государственных целей в стратегию. Bank of China и PSBC включили цели углеродной нейтральности в операционные планы, согласуя их с «14-м пятилетним планом» КНР [14]. Agricultural Bank of China активно учитывает проекты инициативы «Один пояс, один путь», требуя от промышленных партнеров соблюдения ESG-стандартов.

Российские банки, напротив, сместили фокус на внутреннюю операционную эффективность. Сбербанк, ВТБ и Альфа-Банк делают акцент на цифровизации собственных процессов (Scope 1 и 2). Например, ВТБ внедрил систему «Умный офис», а Сбербанк сократил потребление бумаги на 30% [15]. Однако стратегическое влияние на заемщиков-промышленников выражено слабее.

Таблица 2
Сравнение стратегических инициатив и институциональных драйверов

Категория	Китайские банки	Российские банки
Фокус стратегий	Национальные цели, инициатива BRI	Внутренняя операционная эффективность, цифровизация
Ключевые инициативы	Зеленые таксономии, защита биоразнообразия	«Умный офис», переработка отходов, блокчейн
Институциональный драйвер	Жесткие государственные директивы	Геополитическая изоляция, фокус на локальные стейкхолдеры

Развитие продуктовой линейки показывает фундаментальные различия. Китайские банки предлагают широкий спектр инструментов: зеленые и «синие» облигации, кредиты на модернизацию. Российские банки до 2022 года также развивали зеленые продукты, однако после введения санкций многие программы были свернуты. Внутри страны основным продуктом остается финансирование проектов, соответствующих национальной таксономии, однако спрос со стороны промышленности остается умеренным из-за высоких ставок [16]. При этом российские инструменты часто носят точечный характер и не формируют единой системы поддержки промышленной декарбонизации [22].

Наиболее критичным аспектом является управление экологическими рисками и аудит заемщиков (Scope 3). Китайские банки внедрили сложные системы скоринга. ICBC использует большие данные для автоматического мониторинга нарушений. Agricultural Bank of China применяет политику «право вето одним голосом»: если проект признан экологически опасным, он не получает финансирования [17]. Такой подход заставляет промышленные предприятия активно работать над повышением своих ESG-рейтингов.

Российские банки делают ставку на технологии прогнозирования. Сбербанк разработал модели eco4cast и eco2AI для оценки климатических рисков активов заемщиков. ВТБ совместно со Сколтехом создает аналогичные модели [18]. Однако практика применения этих моделей для принятия жестких решений о кредитовании остается фрагментарной.

Анализ данных за 2024 год и регуляторных трендов на 2025 год показывает завершение первого этапа адаптации. В Китае фокус сместился на борьбу с гринвошингом и механизмы transition finance — финансирования глубокой декарбонизации традиционных промышленных предприятий (металлургия, цемент). В России 2024 год ознаменовался переходом к суверенной ESG-инфраструктуре. Ключевым событием стал запуск Банком России пилотных климатических стресс-тестов, которые впервые обязали кредитные организации количественно оценивать влияние климатических рисков на промышленные портфели. Санкционное давление парадоксальным образом ускорило этот процесс, вынудив банки инвестировать в разработку суверенных методологий ESG-оценки.

Проведенное исследование показывает, что банковские стратегии формируют принципиально разные механизмы стимулирования. Китайская модель характеризуется директивным подходом: банки используют финансовые рычаги для принуждения промышленных заемщиков к соблюдению стандартов. Российская модель продемонстрировала переход к адаптационной стратегии, где санкционное давление стимулировало развитие отечественных IT-решений [19].

Анализ периода 2021–2024 гг. подтверждает ключевой тезис: если в 2021–2022 годах ESG-рейтинги для промышленных предприятий носили характер добровольной сигнализации, то к концу 2024 года они трансформировались в жесткий механизм ценообразования кредитного риска. Выявлено, что в России существует разрыв между декларированием ESG-целей банками и их реальной практикой внедрения жестких критериев отбора промышленных заемщиков. Отсутствие единой системы ESG-рейтингов для промышленных предприятий снижает эффективность зеленого финансирования.

Для развития механизмов устойчивого развития промышленных предприятий в России необходимо:

1. операционализировать результаты климатических стресс-тестов Банка России и сделать их методологию прозрачной для заемщиков;
2. стандартизировать методику расчета ESG-рейтингов для промышленных секторов;
3. внедрить регуляторные льготы для банков, активно кредитующих проекты с высоким ESG-рейтингом.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на количественную оценку влияния банковских ESG-требований на финансовые показатели промышленных предприятий [20].

Литература

1. The United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. – URL: https://sdgs.un.org/2030agenda (дата обращения: 20.10.2024).
2. Zimmermann S. Same same but different: How and why banks approach sustainability // Sustainability. – 2019. – Vol. 11, No. 8. – P. 2267. – DOI: 10.3390/su11082267.
3. Lee K. G7 banks' financed emissions exceed those of several member countries combined // Green Central Banking. – 2024. – URL: https://greencentralbanking.com (дата обращения: 20.10.2024).
4. Shen B., Wang J., Li M. et al. China's approaches to financing sustainable development: policies, practices, and issues // Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment. – 2013. – Vol. 2, No. 2. – P. 178-198. – DOI: 10.1002/wene.56.
5. Lopatin E. Assessment of Russian banking system performance and sustainability // Banks and Bank Systems. – 2019. – Vol. 14, No. 3. – P. 202-215. – DOI: 10.21511/bbs.14(3).2019.17.
6. Aracil E., Nájera-Sánchez J. J., Forcadell F. J. Sustainable banking: A literature review and integrative framework // Finance Research Letters. – 2021. – Vol. 42. – P. 101932. – DOI: 10.1016/j.frl.2020.101932.
7. Starshov E. D., Fefelov D. L. Legitimacy of Multinational Enterprises: Systematic Review and Research Agenda // Журнал экономической теории. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 320-344. – DOI: 10.31063/2073-6460-2024-21-2-8.
8. Roxas B., Coetzer A. Institutional environment, managerial attitudes and environmental sustainability orientation of small firms // Journal of Business Ethics. – 2012. – Vol. 111. – P. 461-476. – DOI: 10.1007/s10551-012-1225-5.
9. National Financial Regulatory Administration. CBIRC Releases the Green Finance Guidelines for Banking and Insurance Sectors. – 2022. – URL: https://www.cbirc.gov.cn/en/view/pages/ItemDetail.html?docId=1055048 (дата обращения: 20.10.2024).
10. The Central Bank of Russia. The new rules for the emission of the "green" obligations are established. – 2021. – URL: https://cbr.ru/press/event/?id=12415 (дата обращения: 20.10.2024).

11. Li T. T., Wang K., Sueyoshi T., Wang D. D. ESG: Research progress and future prospects // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 21. – P. 11663. – DOI: 10.3390/su132111663.

12. Burgelman R. A. Bridging history and reductionism: A key role for longitudinal qualitative research // Journal of International Business Studies. – 2011. – Vol. 42. – P. 591-601. – DOI: 10.1057/jibs.2011.13.

13. Rahman S., Cachia M. Resilience and stress management amongst corporate security managers: A hybrid approach to thematic analysis // Qualitative Research in Organizations and Management. – 2021. – Vol. 16, No. 2. – P. 299-314. – DOI: 10.1108/QROM-02-2020-1888.

14. Bank of China. ESG Report 2021. – URL: https://pic.bankofchina.com/bocappd/report/202203/P020220329603102021431.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

15. Sber. Annual report 2023. – URL: https://www.sberbank.com/common/img/uploaded/_new_site/com/gosa2024/sber-ar-2023-en.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

16. VTB. Sustainable development report 2023. – URL: https://www.vtb.ru/media-files/vtb.ru/sitepages/about/bank/sustainability/VTB_Sustainability_Report_2023_rus.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

17. Agricultural Bank of China. ESG Report 2021. – URL: https://www.abchina.com/en/aboutus/csr-report/202403/P020240328668627319429.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

18. Huang X., Zhang Y., Li Z. Green credit policy and corporate environmental performance: Evidence from China // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Vol. 380. – P. 135021. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135021.

19. Garanina O., Klishevich D., Panibratov A. Bulls and bears: inscribing SOEs roles into the global climate agenda // Critical Perspectives on International Business. – 2024. – Vol. 20, No. 2. – P. 272-294. – DOI: 10.1108/CPOIB-12-2022-0140.

20. Chen Y., Cheng L., Lee C. C., Wang C. S. The impact of regional banks on environmental pollution: Evidence from China's City commercial banks // Energy Economics. – 2021. – Vol. 102. – P. 105492. – DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105492.

21. Helmi M. H., Elsayed A. H., Khalfaoui R. The impact of geopolitical risk on sustainable markets: A quantile-time-frequency analysis // Finance Research Letters. – 2024. – Vol. 64. – P. 105380. – DOI: 10.1016/j.frl.2024.105380.

22. Koval V., Laktionova O., Atstāja D. et al. Green financial instruments of cleaner production technologies // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 17. – P. 10536. – DOI: 10.3390/su141710536.

Green finance as a driver for industrial esg transformation: a comparative analysis of banking strategies in China and Russia (2021–2025)

Kochetkova D.V.
St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article analyzes the divergent strategies of Chinese and Russian banks and their impact on the formation of financial mechanisms available to industrial enterprises for ESG transformation. Based on a longitudinal thematic analysis of sustainability reports from ten systemically important banks for the period 2021–2024, key differences in approaches to managing environmental risks were identified, including a clear distinction between the direct operational contribution of the banks themselves (Scope 1 and 2) and their mediated impact on borrowers (Scope 3). It was found that while Chinese banks, under regulatory pressure, transitioned to strict Scope 3 audits and transition finance for traditional industry, Russian banks, under sanction constraints, reoriented towards internal resource efficiency and the digitalization of ESG risks using AI models. Based on the identified institutional differences, the author formulates recommendations for improving national green finance systems and standardizing ESG rating methodologies for industrial enterprises, which will help overcome the existing gap between declared goals and their practical implementation.

Keywords: sustainable development, ESG ratings, green finance, banking sector, industrial enterprises, China, Russia, sanctions, sustainable development mechanisms.

References

1. The United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda (accessed: 20.10.2024).
2. Zimmermann S. Same same but different: How and why banks approach sustainability. Sustainability, 2019, vol. 11, no. 8, p. 2267. DOI: 10.3390/su11082267.
3. Lee K. G7 banks' financed emissions exceed those of several member countries combined. Green Central Banking, 2024. Available at: https://greencentralbanking.com (accessed: 20.10.2024).
4. Shen B., Wang J., Li M. et al. China's approaches to financing sustainable development: policies, practices, and issues. Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment, 2013, vol. 2, no. 2, pp. 178-198. DOI: 10.1002/wene.56.
5. Lopatin E. Assessment of Russian banking system performance and sustainability. Banks and Bank Systems, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 202-215. DOI: 10.21511/bbs.14(3).2019.17.
6. Aracil E., Nájera-Sánchez J. J., Forcadell F. J. Sustainable banking: A literature review and integrative framework. Finance Research Letters, 2021, vol. 42, p. 101932. DOI: 10.1016/j.frl.2020.101932.
7. Starshov E. D., Fefelov D. L. Legitimacy of Multinational Enterprises: Systematic Review and Research Agenda. Zhurnal ekonomicheskoi teorii [Journal of Economic Theory], 2024, vol. 21, no. 2, pp. 320-344. DOI: 10.31063/2073-6460-2024-21-2-8.
8. Roxas B., Coetzer A. Institutional environment, managerial attitudes and environmental sustainability orientation of small firms. Journal of Business Ethics, 2012, vol. 111, pp. 461-476. DOI: 10.1007/s10551-012-1225-5.
9. National Financial Regulatory Administration. CBIRC Releases the Green Finance Guidelines for Banking and Insurance Sectors, 2022. Available at: https://www.cbirc.gov.cn/en/view/pages/ItemDetail.html?docId=1055048 (accessed: 20.10.2024).
10. The Central Bank of Russia. The new rules for the emission of the "green" obligations are established, 2021. Available at: https://cbr.ru/press/event/?id=12415 (accessed: 20.10.2024).
11. Li T. T., Wang K., Sueyoshi T., Wang D. D. ESG: Research progress and future prospects. Sustainability, 2021, vol. 13, no. 21, p. 11663. DOI: 10.3390/su132111663.
12. Burgelman R. A. Bridging history and reductionism: A key role for longitudinal qualitative research. Journal of International Business Studies, 2011, vol. 42, pp. 591-601. DOI: 10.1057/jibs.2011.13.
13. Rahman S., Cachia M. Resilience and stress management amongst corporate security managers: A hybrid approach to thematic analysis. Qualitative Research in Organizations and Management, 2021, vol. 16, no. 2, pp. 299-314. DOI: 10.1108/QROM-02-2020-1888.
14. Bank of China. ESG Report 2021. Available at: https://pic.bankofchina.com/bocappd/report/202203/P020220329603102021431.pdf (accessed: 20.10.2024).
15. Sber. Annual report 2023. Available at: https://www.sberbank.com/common/img/uploaded/_new_site/com/gosa2024/sber-ar-2023-en.pdf (accessed: 20.10.2024).
16. VTB. Sustainable development report 2023. Available at: https://www.vtb.ru/media-files/vtb.ru/sitepages/about/bank/sustainability/VTB_Sustainability_Report_2023_rus.pdf (accessed: 20.10.2024).
17. Agricultural Bank of China. ESG Report 2021. Available at: https://www.abchina.com/en/aboutus/csr-report/202403/P020240328668627319429.pdf (accessed: 20.10.2024).
18. Huang X., Zhang Y., Li Z. Green credit policy and corporate environmental performance: Evidence from China. Journal of Cleaner Production, 2023, vol. 380, p. 135021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135021.
19. Garanina O., Klishevich D., Panibratov A. Bulls and bears: inscribing SOEs roles into the global climate agenda. Critical Perspectives on International Business, 2024, vol. 20, no. 2, pp. 272-294. DOI: 10.1108/CPOIB-12-2022-0140.
20. Chen Y., Cheng L., Lee C. C., Wang C. S. The impact of regional banks on environmental pollution: Evidence from China's City commercial banks. Energy Economics, 2021, vol. 102, p. 105492. DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105492.
21. Helmi M. H., Elsayed A. H., Khalfaoui R. The impact of geopolitical risk on sustainable markets: A quantile-time-frequency analysis. Finance Research Letters, 2024, vol. 64, p. 105380. DOI: 10.1016/j.frl.2024.105380.
22. Koval V., Laktionova O., Atstāja D. et al. Green financial instruments of cleaner production technologies. Sustainability, 2022, vol. 14, no. 17, p. 10536. DOI: 10.3390/su141710536.

Анализ эффективности финансирования оборотов предприятия с использованием авансовых платежей

Лагуновская Екатерина Олеговна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита в отраслях народного хозяйства, Белорусский государственный экономический университет, katrinlag@mail.ru

Эффективное управление оборотом капитала является ключевым фактором успешной деятельности предприятий. Управленческий учет и анализ кругооборота капитала являются важными информационными ресурсами и методическими инструментами, при помощи которых осуществляется объективная оценка финансовой устойчивости организации. Динамично меняющиеся условия ведения бизнеса, использование современных информационных технологий, цифровая трансформация повышают требования к учетно-аналитическому моделированию и обусловливают необходимость совершенствования его методик на основе исследования кругооборота капитала предприятия. В данной статье объектом исследования выступает анализ эффективности оборотов капитала предприятия с привлечением авансовых платежей от покупателей продукции. Рассмотрен методический инструментарий управленческого учета и анализа кругооборота капитала.
Ключевые слова: анализ, учет, кругооборот капитала, реальный капитал, фиктивный капитал, авансовые платежи, источники финансирования, показатели эффективности.

Учет и анализ эффективности кругооборота капитала организации выступают важными информационными ресурсами, которые могут использоваться для принятия управленческих решений по обеспечению безопасного функционирования коммерческих организаций [1]. Для разработки и обоснования универсальных методологических подходов рассмотрим вариант расчета эффективности кругооборота капитала в тех случаях, когда организация авансирует свой производственный цикл поступлением средств от покупателей продукции по предоплате в виде авансовых платежей. В таблице 1 приведен пример полной завершенности стадий кругооборота капитала с использованием аванса от покупателей продукции.

Таблица 1
Журнал регистрации хозяйственных операций

Содержание операции	Дебет	Кредит	Сумма, руб.
1. Сформирован уставный капитал за счет вкладов собственников (учредителей)	75	80	50000
2. Внесены на расчетный счет денежные средства учредителей в счет вклада в уставный капитал	51	75	5000
3. Внесены учредителями в счет вклада в уставный капитал объекты основных средств	08	75	45000
4. Приняты к учету основные средства, внесенные учредителями в счет вклада в уставный капитал	01	08	45000
5. Получен на расчетный счет аванс от покупателей	51	62	20920
6. Поступили материалы от поставщиков	10	60	15000
7. Отражен НДС по приобретенным материалам	18	60	3000
8. Произведен расчет с поставщиками за приобретенные материалы	60	51	18000
9. Списаны в основное производство материалы	20	10	15000
10. Начислена заработная плата рабочим основного производства	20	70	2000
11. Произведены отчисления на социальное страхование и обеспечение от заработной платы рабочих	20	69	680
12. Начислена амортизация основных средств	20	02	240
13. Начислена заработная плата работникам по организации и управлению деятельностью предприятия	26	70	3000
14. Произведены отчисления на социальное страхование и обеспечение от заработной платы работников управления	26	69	1020
15. Принята к учету из основного производства готовая продукция по фактической себестоимости	43	20	17920
16. Списана в реализацию готовая продукция по фактической себестоимости	90	43	17920
17. Списаны в расходы по текущей деятельности управленческие расходы	90	26	4020
18. Отражена сумма выручки от реализации готовой продукции	62	90	38400
19. Начислен НДС от суммы выручки от реализации продукции	90	68	6400
20. Поступили на расчетный счет остальные денежные средства от покупателей за реализованную продукцию	51	62	17480
21. Отражена прибыль от реализации готовой продукции	90	99	10060
22. Начислен налог на прибыль	99	68	2012
23. Выплачена заработная плата	70	51	5000
24. Произведены расчеты по социальному страхованию и обеспечению	69	51	1700
25. Принят к вычету «входной» НДС	68	18	3000
26. Произведены расчеты по налогам и сборам	68	51	5412
27. Начислены дивиденды учредителям	99	75	2000
28. Выплачены дивиденды учредителям	75	51	2000
29. Отнесена прибыль отчетного периода, остающаяся в распоряжении предприятия, на увеличение накопленной прибыли (реформация баланса)	99	84	6048

Источник: составлено автором.

Данные хозяйственные операции нашли отражение на соответствующих счетах бухгалтерского учета методом двойной записи в разрезе основного балансового равенства (рисунок 1).

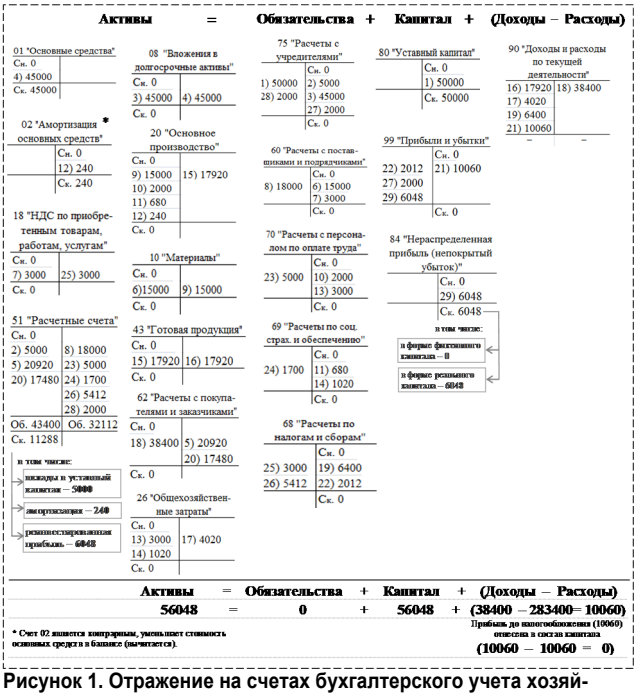


Рисунок 1. Отражение на счетах бухгалтерского учета хозяйственных операций методом двойной записи, руб.
Источник: составлено автором.

Обоснование оптимальной суммы предоплаты может осуществляться так, как показано в бухгалтерской справке.

Таблица 2.
Бухгалтерская справка – расчет (обоснование предоплаты)

Показатель (расчет)	Сумма, руб.
Аванс от покупателей внесен в сумме:	*20920*
в том числе: стоимость материалов	*15000*
НДС по приобретенным материалам	*3000*
заработная плата	*2000*
отчисления на социальное страхование	*680*
амортизация основных средств	*240*
Общая сумма выручки с НДС	*38400*
*(расчет НДС 38400*20/120= 1976 руб.)*	*1976*
Остаток денежных средств, причитающихся к уплате после отгрузки готовой продукции покупателям: *(расчет: 38400-20920=17480 руб.)*	*17480*

Источник: составлено автором.

В аналитических целях предлагается к заполнению форма бухгалтерского баланса, представленная в таблице 3. Такая информация обеспечивает детализацию данных о взаимосвязи капитала и источниках его образования в активе баланса.

Таблица 3
Аналитический бухгалтерский баланс

Активы	Код строки	Сумма, руб. (на конец периода А)
1	**2**	**3**
I. ДОЛГОСРОЧНЫЕ АКТИВЫ		
Основные средства	110	44760
Нематериальные активы	120	-
Доходные вложения в материальные активы	130	-
Вложения в долгосрочные активы	140	-
Долгосрочные финансовые вложения	150	-
Отложенные налоговые активы	160	-
Долгосрочная дебиторская задолженность	170	-
Прочие долгосрочные активы	180	-
ИТОГО по разделу I	190	44760
II. КРАТКОСРОЧНЫЕ АКТИВЫ		
Запасы	210	-
Долгосрочные активы, предназначенные для реализации	220	-
Расходы будущих периодов	230	-
Налог на добавленную стоимость по приобретенным товарам, работам, услугам	240	-
Краткосрочная дебиторская задолженность	250	-
Краткосрочные финансовые вложения	260	-
Денежные средства и эквиваленты денежных средств	270	11288
в том числе: *вклады учредителей в уставный капитал*	*270/1*	5000
амортизация основных средств	*270/2*	240
реинвестированная прибыль	*270/3*	6048
Прочие краткосрочные активы	280	-
ИТОГО по разделу II	290	11288
БАЛАНС	300	56048
III. СОБСТВЕННЫЙ КАПИТАЛ		
Уставный капитал	410	50000
Неоплаченная часть уставного капитала	420	-
Собственные акции (доли в уставном капитале)	430	-
Резервный капитал	440	-
Добавочный капитал	450	-
Накопленная прибыль (непокрытый убыток)	460	6048
в том числе: *в форме фиктивного капитала (текущего года)*	*460/1*	-
в форме фиктивного капитала (прошлых лет)	*460/2*	-
в форме реального капитала (реинвестированная прибыль)	*460/3*	*6048*
Чистая прибыль (убыток) отчетного периода	470	-
в том числе: *в форме фиктивного капитала*	*470/1*	-
в форме реального капитала (реинвестированная прибыль)	*470/1*	-
Целевое финансирование	480	-
ИТОГО по разделу III	490	56048
IV. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА		
Долгосрочные кредиты и займы	510	-
Долгосрочные обязательства по лизинговым платежам	520	-
Отложенные налоговые обязательства	530	-
Доходы будущих периодов	540	-
Резервы предстоящих платежей	550	-
Прочие долгосрочные обязательства	560	-
ИТОГО по разделу IV	590	-
V. КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА		
Краткосрочные кредиты и займы	610	-
Краткосрочная часть долгосрочных обязательств	620	-
Краткосрочная кредиторская задолженность	630	-
Обязательства, предназначенные для реализации	640	-
Доходы будущих периодов	650	-
Резервы предстоящих платежей	660	-
Прочие краткосрочные обязательства	670	-
ИТОГО по разделу V	690	-
БАЛАНС	700	56048

Источник: составлено автором.

В таблице 3 приведена аналитика, которая характеризует соответствие фиктивного и реального капитала тем активам, в виде которых эта прибыль (капитал) была получена (строки 270/1–270/3, 460/1–460/3, 470/1–470/2). Данные показатели в аналитическом балансе выделены серым цветом. Такое отражение отчетных данных показывает соотношение между фиктивной и реальной прибылью и соответствующими активами.

С целью повышения аналитичности данных по остаткам на счете 51 «Расчетные счета» предлагается вести учет в разрезе представленных ниже субсчетов (таблица 4).

Таблица 4
Аналитика остатков по счету 51 "Расчетные счета"в разрезе субсчетов (период А)

Номер субсчета	Наименование субсчета	Сумма, руб.	Удельный вес, %
1	2	3	4
51.1	«Вклады учредителей в уставный капитал»	5000	44,29
51.2	«Кредит банка»	0	0
51.3	«Авансы полученные»	0	0
51.4	«Амортизация основных средств»	240	2,13
51.5	«Реинвестированная прибыль»	6048	53,58
	Сальдо на конец периода А	11288	100

Источник: составлено автором.

Сумма полученного аванса от покупателей, а также оставшаяся сумма денежных средств, заработанных в денежной форме от реализации произведенной за счет авансовых платежей продукции, была направлена на погашение задолженности перед поставщиками за сырье и материалы, перед работниками по отплате труда и других обязательств.

Реинвестированная прибыль – прибыль, остающаяся в распоряжении собственника, после уплаты процентов по кредитам, основной суммы долга, штрафов, дивидендов в отчетном периоде [2]. В рассмотренном примере реинвестированная прибыль, отраженная на счете 51.5 «Реинвестированная прибыль» в полном объеме обеспечена денежными

средствами, поступившими от покупателей. Соответственно, реинвестированная прибыль в сумме 6048 руб. – реальный капитал.

Для подробного представления данных можно их оформить в виде следующего аналитического отчета о прибылях и убытках (таблица 5).

Таблица 5

Аналитический отчет о прибылях и убытках, обеспечивающий детализацию информации о размерах заработанной выручки в денежной форме, о величине дебиторской и кредиторской задолженностей

Наименование показателей	Код строки	Сумма, руб. (за период А)	в том числе:		
			в денежной форме	в виде дебиторской задолженности	в виде кредиторской задолженности
1	2	3	4	5	6
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг с НДС,	010	38400	38400	-	-
в том числе НДС	010/1	(6400)	(6400)	-	-
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг без НДС	010/2	32000	32000	-	-
Себестоимость реализованной продукции, товаров, работ, услуг	020	(17920)	(17920)	-	-
в том числе: материалы	*020/1*	*(15000)*	*(15000)*	-	-
заработная плата	*020/2*	*(2000)*	*(2000)*	-	-
отчисления от заработной платы	*020/3*	*(680)*	*(680)*	-	-
амортизация основных средств	*020/4*	*(240)*	*(240)*	-	-
Валовая прибыль (строка 010/2 – строка 020)	030	14080	14080	-	-
Управленческие расходы	040	(4020)	(4020)	-	-
Расходы на реализацию	050	-	-	-	-
Прибыль (убыток) от реализации продукции, товаров, работ, услуг	060	10060	10060	-	-
Прочие доходы по текущей деятельности	070	-	-	-	-
Прочие расходы по текущей деятельности	080	-	-	-	-
Прибыль (убыток) от текущей деятельности	090	10060	10060	-	-
Доходы по инвестиционной деятельности	100	-	-	-	-
Расходы по инвестиционной деятельности	110	-	-	-	-
Доходы по финансовой деятельности	120	-	-	-	-
Расходы по финансовой деятельности	130				
Прибыль (убыток) от инвестиционной и финансовой деятельности	140	-	-	-	-
Прибыль (убыток) до налогообложения	150	10060	10060	-	-
Налог на прибыль	160	(2012)	(2012)	-	-
Изменение отложенных налоговых активов	170	-	-	-	-
Изменение отложенных налоговых обязательств	180	-	-	-	-
Прочие налоги и сборы, исчисляемые из прибыли (дохода)	190	-	-	-	-
Прочие платежи, исчисляемые из прибыли (дохода)	200	-	-	-	-
Чистая прибыль (убыток)	210	8048	8048	-	-
в том числе: дивиденды	*210/1*	*2000*	*2000*	-	-
прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия (реинвестированная прибыль)	*210/2*	*6048*	*6048*	-	-
Результат от переоценки долгосрочных активов, не включаемый в чистую прибыль (убыток)	220	-	-	-	-
Результат от прочих операций, не включаемый в чистую прибыль (убыток)	230	-	-	-	-
Совокупная прибыль (убыток)	240	6048	6048	-	-

Источник: составлено автором.

На основании выше рассмотренных хозяйственных операций за отчетный период можно составить аналитический отчет о движении денежных средств (таблица 6).

Таблица 6

Аналитический отчет о движении денежных средств

Наименование показателей	**Код строки**	**Сумма, руб. (период А)**
1	**2**	**3**
Движение денежных средств по текущей деятельности		
Поступило денежных средств – всего	020	38400
в том числе: от покупателей продукции, товаров, заказчиков работ, услуг	021	38400
от покупателей материалов и других запасов	022	-
Роялти	023	-
прочие поступления	024	-
Направлено денежных средств – всего	030	(30112)
в том числе: на приобретение запасов, работ, услуг	031	(18000)
на оплату труда	032	(5000)
на уплату налогов и сборов	033	(5412)
на прочие выплаты	034	(1700)
Результат движения денежных средств по текущей деятельности	040	8288
Движение денежных средств по инвестиционной деятельности		
Поступило денежных средств – всего	050	-
Направлено денежных средств – всего	060	-
Результат движения денежных средств по инвестиционной деятельности	070	-
Движение денежных средств по финансовой деятельности		
Поступило денежных средств – всего	080	5000
в том числе: кредиты и займы	081	-
от выпуска акций	082	-
вклады собственника имущества (учредителей, участников)	083	5000
прочие поступления	084	-
Направлено денежных средств – всего	090	(2000)
в том числе: на погашение кредитов и займов	091	-
на выплаты дивидендов и других доходов от участия в уставном капитале организации	092	(2000)
на выплаты процентов	093	-
на лизинговые платежи	094	-
прочие выплаты	095	-
Результат движения денежных средств по финансовой деятельности	100	3000
Результат движения денежных средств по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности	110	11288
Остаток денежных средств и эквивалентов денежных средств на конец года	120	-
Остаток денежных средств и эквивалентов денежных средств на начало периода **Б**	130	11288
в том числе: вклады учредителей в уставный капитал	130/1	5000
амортизация основных средств	130/2	240
реинвестированная прибыль	130/3	6048
Влияние изменений курсов иностранных валют	140	-

Источник: составлено автором.

На основе полученных новых данных представляется возможным оценить эффективность использования денежных средств, которые были вложены в оборот организации на первоначальном этапе кругооборота капитала. Исходя из хозяйственных транзакций отчетного периода (таблица 1) собственниками было вложено денежных активов на сумму 5000 руб. (хозяйственная операция № 2, таблица 1), получен аванс на сумму 20920 руб. (хозяйственная операция № 5, таблица 1). Использование этих денег позволило заработать организации чистую прибыль в размере 8048 руб. (строка 210 таблицы 5). Таким образом, можно рассчитать общую эффективность денежного оборота как соотношение чистой прибыли в денежной форме (8048 руб.) и инвестированных денежных средств (25920 руб.).

Имея данные, которые могут быть получены при помощи разработанной методики, можно определить расчетную величину эффективности использования денежных средств, вложенных в виде собственного капитала и в виде авансирующих платежей от покупателей.

Формула расчета эффективности денежного оборота будет выглядеть следующим образом:

$$Э_{инв.д.с.} = ЧП_{ден.ф.} / (Вкл._{ск} + Ав.) \quad (1)$$

где, $Э_{инв.д.с.}$ – эффективность инвестированных денежных средств;

$ЧП_{ден.ф.}$ – чистая прибыль в денежной форме;

$Вкл._{ск}$ – вклады собственников в уставный капитал в денежной форме;

Ав. – полученный аванс (предоплата) от покупателей.

Эффективность инвестированных денежных средств в виде финансового коэффициента (процента) составляет 31,05% (8048 руб./(5000 руб. + 20920 руб.) *100).

По данным таблицы 5 можно рассчитать уточняющий коэффициент эффективности денежных вложений собственников в отчетном периоде. Для этого следует соотнести дивиденды, выплаченные собственникам с суммой денежных средств, инвестированных в организацию в денежной форме (2000 руб./25920 руб.*100=7,72%). Данная величина (7,72%) характеризует выгоду собственников от вложений собственного капитала в денежной форме в отчетном периоде.

Далее рассчитаем эффективность денежного оборота с точки зрения размеров реинвестирования чистой прибыли. Для этого необходимо соотнести реинвестированную прибыль (6048 руб.) и первоначальные вложения собственников (25920 руб.). В относительном измерении это составит 23,33 %.

Выводы об эффективности денежного обращения представляется возможным сделать только в случае применения рассмотренной выше методики, которая позволяет сформировать информационные данные по стадиям кругооборота капитала организации, о размере прибыли, заработанной в виде реального и/или фиктивного капитала.

Очевидно, что привлечение авансов от покупателей на пополнение денежного оборота не предполагает выплату процентов. Фактически это означает получение средств под производство готовой продукции.

Далее отражен аналитический отчет об изменении собственного капитала на конец отчетного периода (таблица 7) на основе данных таблицы 1.

Таблица 8

Аналитический отчет об изменении собственного капитала с отражением его реальной и фиктивной части

Показатели соответствия капитала активам организации, руб.	Код строки	Уставный капитал	Резервный капитал	Добавочный капитал	Накопленная прибыль (непокрытый убыток)			Чистая прибыль (убыток)			Итого
					всего	в том числе:		всего	в том числе:		
Капитал / Активы						в форме реального капитала (реинвестированная прибыль)	в форме фиктивного капитала		в форме реального капитала (реинвестированная прибыль)	в форме фиктивного капитала	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Основные средства	010	45000	-	-	-	-	-	-	-	-	45000
Дебиторская задолженность	020	-	-	-	-	x	-	-	*x*	-	-
Денежные средства	030	5000	-	-	6048	*6048*	*x*	-	-	*x*	11048
Остаток на конец периода А, всего:	040	50000	-	-	6048	*6048*	-	-	-	-	56048

Источник: составлено автором.

С точки зрения предметной области исследования основное внимание в работе уделено исследованию эффективности кругооборота собственного капитала организации с привлечением авансовых платежей. По результатам, полученным в процессе проведенного исследования, сделаны выводы о влиянии различных факторов на финансовую устойчивость организации, а также предложены направления развития управленческого учета и анализа кругооборота капитала, способы управления капиталом на основе полученных аналитических данных для повышения эффективности деятельности организации.

Литература

1. Лагуновская Е.О. Управленческий учет как основа управленческого анализа // Бухгалтерский учет и анализ. 2024. № 6. С. 9–15.
2. Панков Д.А., Лагуновская Е.О. Проектное (справедливое) ценообразование на основе соблюдения принципа «золотого сечения» // Бухгалтерский учет и анализ. 2025. № 8. С. 17–26.
3. Панков Д.А., Лагуновская Е.О. Управленческий учет и анализ кругооборота капитала организации: монография / Д.А. Панков, Е.О. Лагуновская. Минск: Бизнесофсет, 2026. 132 с.

Analysis of the efficiency of financing enterprise turnover using advance payments

Lagunovskaya E.O.
Belarusian State Economic University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

Effective capital management is a key factor in the successful operation of enterprises. Management accounting and capital flow analysis are important information resources and methodological tools used to objectively assess an organization's financial stability. Dynamically changing business conditions, the use of modern information technologies, and digital transformation increase the demands on accounting and analytical modeling and necessitate improving its methods through the study of an enterprise's capital flow. This article examines the effectiveness of an enterprise's capital flow, using advance payments from customers. Methodological tools for management accounting and capital flow analysis are considered.

Keywords: analysis, accounting, capital turnover, real capital, fictitious capital, advance payments, sources of financing, performance indicators.

References

1. Lagunovskaya E.O. Management accounting as a basis for management analysis // Accounting and analysis. 2024. No. 6. pp. 9–15.
5. Pankov D.A., Lagunovskaya E.O. Project (fair) pricing based on compliance with the "golden ratio" principle // Accounting and Analysis. 2025. No. 8. pp. 17–26.
6. Pankov D.A., Lagunovskaya E.O. Management accounting and analysis of the organization's capital turnover: monograph / D.A. Pankov, E.O. Lagunovskaya. Minsk: Businessoffset, 2026. 132 p.

Разработка и оценка мероприятий по повышению финансовой устойчивости организаций строительной отрасли России

Начев Павел Валериев
аспирант, кафедра мировой экономики, финансов и страхования, экономический факультет, АТиСО, pavel.nachev@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные проблемы финансовой устойчивости предприятий строительной отрасли России в условиях рекордно высоких процентных ставок 2024 года (ключевая ставка ЦБ РФ до 21%) и начавшегося цикла их снижения в 2025 году. На основе анализа отраслевой статистики за 2022–2024 гг. выявлены ключевые факторы дестабилизации финансового положения строительных компаний. Разработан комплекс организационно-финансовых мероприятий, направленных на оптимизацию структуры капитала, повышение ликвидности и снижение долговой нагрузки с учётом новых возможностей льготного финансирования и государственных инфраструктурных программ 2025 года. Проведена количественная оценка экономической эффективности предложенных мер. Результаты показывают, что реализация разработанных мероприятий в горизонте 2025–2026 гг. позволяет привести ключевые показатели финансовой устойчивости к нормативным значениям.
Ключевые слова: финансовая устойчивость, строительная отрасль, структура капитала, ликвидность, ключевая ставка, управление задолженностью, государственные контракты, оценка эффективности.

Введение

Строительная отрасль является одной из ключевых в структуре российской экономики: по данным Росстата, объём строительных работ в 2024 году составил 17,06 трлн руб., прирост в сопоставимых ценах — 3,8% [1]. В 2025 году отрасль продолжила рост, хотя и замедлившийся: объём выполненных работ достиг 18,82 трлн руб. (+2,5% в реальном выражении) [2]. При этом структура роста принципиально изменилась: он обеспечивается преимущественно за счёт государственных инфраструктурных расходов на фоне сокращения коммерческого жилищного строительства.

Вместе с тем финансовое положение строительных компаний остаётся напряжённым. Принципиальным вызовом 2024 года стало резкое ужесточение денежно-кредитной политики: ключевая ставка ЦБ РФ последовательно повышалась с 16% в начале года до рекордных 21% в октябре 2024 — начале 2025 гг. [3]. Несмотря на то что в 2025 году начался цикл смягчения (ставка снижена до 15% к марту 2025 г.), накопленное удорожание обслуживания долга критически сказалось на финансовой устойчивости отраслевых участников.

Вместе с тем 2024 год принёс строительной отрасли и позитивные сдвиги: по данным Росстата, совокупная чистая прибыль строительных организаций выросла на 23,1% — до 865 млрд руб. [4]. Однако это не означает системного оздоровления: убыточные предприятия нарастили совокупные потери на 24,1%, до 303,2 млрд руб. Таким образом, прирост финансовых результатов сосредоточен в ограниченном числе крупных игроков, тогда как финансовая неустойчивость малых и средних строительных компаний усугубляется.

Цель настоящей статьи — разработать и обосновать комплекс мероприятий по повышению финансовой устойчивости строительных организаций с учётом новых условий 2026 года: начавшегося снижения ключевой ставки, расширения государственного инфраструктурного финансирования и трансформации структуры отраслевого спроса.

Материалы и методы

Финансовая устойчивость предприятия в широкой трактовке, разделяемой большинством современных исследователей, представляет собой такое состояние финансовых ресурсов, их распределения и использования, которое обеспечивает развитие предприятия на основе роста прибыли и капитала при сохранении платёжеспособности и кредитоспособности в условиях допустимого уровня риска [5].

Для строительных предприятий характерны специфические факторы, определяющие их финансовую устойчивость. Среди внутренних выделяются: высокая доля незавершённого производства в активах, длительность производственного цикла (от 12 до 36 месяцев и более), специфика расчётов по договорам подряда с применением авансирования и гарантийных удержаний. Среди внешних факторов в 2024–2025 гг. определяющее значение приобрела стоимость заёмного финансирования: при ключевой ставке 21% эффективные ставки по кредитам строительным компаниям достигали 23–27% годовых, что делало новые заимствования экономически нецелесообразными для большинства проектов [6].

Отраслевая инфляция в строительстве в 2024 году составила 7,8%, несколько уступив общей потребительской инфляции (9,5%), однако существенно превысив темпы роста контрактных цен по ранее заключённым договорам. По итогам 2025 года строительная инфляция сохранилась на уровне 7,6% [2], что при низких контрактных темпах индексации продолжает оказывать давление на маржинальность строительных проектов. В рамках настоящего исследования для диагностики применяется система из семи ключевых коэффициентов, охватывающих структуру капитала, ликвидность, обеспеченность СОС и рентабельность [7].

Эмпирическую базу исследования составляют данные консолидированной отчётности строительных компаний России за 2022–2024 гг., а также отраслевая статистика Росстата, Банка России и рейтинговых агентств. Анализ динамики ключевых показателей финансовой устойчивости (табл. 1) отражает сложную и неоднозначную картину финансового положения отрасли.

Таблица 1
Динамика показателей финансовой устойчивости строительных компаний России, 2022–2024 гг.

Показатель	Норм. значение	2022	2023	2024
Коэффициент автономии	≥ 0,5	0,28	0,26	0,29

Показатель	Норм. значение	2022	2023	2024
Коэффициент финансовой зависимости	≤ 0,5	0,72	0,74	0,71
Коэффициент текущей ликвидности	1,5–2,5	1,38	1,31	1,36
Коэффициент быстрой ликвидности	≥ 1,0	0,83	0,79	0,82
Коэффициент обеспеченности СОС	≥ 0,1	0,07	0,05	0,06
Рентабельность активов (ROA), %	> 5%	3,7	3,2	4,1
Коэффициент покрытия процентов (ICR)	≥ 3,0	2,1	1,9	1,7

Как видно из таблицы 1, большинство показателей в 2022–2023 гг. демонстрировали устойчивую негативную динамику. В 2024 году наметилась осторожная стабилизация по ряду позиций: коэффициент автономии незначительно вырос (с 0,26 до 0,29), коэффициент текущей ликвидности — с 1,31 до 1,36. Этому способствовал рекордный прирост чистой прибыли отрасли (+23,1% по данным Росстата) [4]. Тем не менее все показатели по-прежнему находятся ниже нормативных значений.

Принципиально негативной тенденцией 2024 года стало падение коэффициента покрытия процентов до 1,7 — минимального значения за три года. Это прямое следствие рекордного роста ключевой ставки ЦБ РФ до 21%: расходы на обслуживание кредитного портфеля строительных компаний выросли опережающими темпами по сравнению с операционной прибылью. По оценкам АКРА, значение ICR ниже 2,0 соответствует зоне повышенного кредитного риска и является основанием для пересмотра кредитных рейтингов [8].

Вместе с тем начавшийся в 2025 году цикл снижения ключевой ставки (с 21% до 15% к марту 2026 г.) формирует окно возможностей для рефинансирования накопленного долга на более выгодных условиях. Одновременно масштабный рост государственного инфраструктурного финансирования — объём нацпроекта «Инфраструктура для жизни» увеличен на 49%, до 1,17 трлн руб. в 2025 г., — создаёт новый источник стабильных контрактных доходов [9].

На основании результатов диагностики разработан комплекс из шести взаимосвязанных мероприятий, сгруппированных по трём направлениям: оптимизация структуры капитала и долговой нагрузки с учётом цикла снижения ставок; управление оборотным капиталом и ликвидностью; диверсификация доходной базы и снижение операционных затрат (табл. 2).

Таблица 2

Комплекс мероприятий по повышению финансовой устойчивости строительной компании (2025–2026 гг.)

№	Мероприятие	Целевой показатель	Срок реализации	Ответственный
1	Оптимизация структуры капитала: наращивание собственного капитала через реинвестирование прибыли и вклады участников; введение дивидендного моратория на период реструктуризации	Кэфф. автономии ≥ 0,45 к концу 2026 г.	18–24 мес.	CFO, Совет директоров
2	Рефинансирование краткосрочного долга в долгосрочные кредиты по программам льготного финансирования (ФРП, ДОМ.РФ) на фоне цикла снижения ключевой ставки ЦБ в 2025–2026 гг.	Снижение доли КО в пассивах на 15 п.п.	6–12 мес.	Финансовый директор, казначейство
3	Внедрение системы управления дебиторской задолженностью: скоринг контрагентов, факторинг с регрессом, штрафные санкции в договорах подряда	Снижение ДЗ > 90 дней на 30%	3–6 мес.	Коммерческий директор
4	Формирование резервного фонда ликвидности в размере 10–15% от среднемесячной выручки за счёт высоколиквидных инструментов (РЕПО, краткосрочные ОФЗ)	Кэфф. тек. ликвидности ≥ 1,7	3 мес.	CFO, казначейство
5	Диверсификация портфеля заказов: наращивание доли государственных и инфраструктурных контрактов (44-ФЗ, нацпроект «Инфраструктура для жизни» с финансированием 1,17 трлн руб. в 2025 г.)	Доля госконтрактов ≥ 30%	12–18 мес.	Коммерческий директор, CEO
6	Внедрение BIM-технологий и цифрового контроля бюджета проектов для снижения сверхнормативных расходов и сокращения отклонения факта от плана	Снижение себестоимости на 5–8%	12 мес.	Технический директор

Источник: разработано автором.

Первое направление — оптимизация структуры капитала — приобретает новое измерение в условиях начавшегося снижения ключевой ставки. Рефинансирование краткосрочных долгов (мероприятие 2) целесообразно осуществлять поэтапно по мере снижения ставок, фиксируя стоимость долгосрочных обязательств на каждом этапе цикла смягчения ДКП. Для строительных компаний, реализующих проекты в рамках государственных программ, доступны льготные инструменты Фонда развития промышленности (ФРП) и специальных программ ДОМ.РФ с субсидированными ставками 5–8%.

Второе направление — управление оборотным капиталом — остаётся критически важным. Анализ показывает, что доля дебиторской задолженности со сроком погашения свыше 90 дней у строительных компаний составляет 28–35% от общего объёма ДЗ [10]. При высоких процентных ставках 2024 года стоимость «замороженных» в проблемной дебиторской задолженности средств резко возросла. Внедрение факторинга с регрессом позволяет конвертировать дебиторскую задолженность в денежные средства, снижая кассовые разрывы при длительных производственных циклах.

Третье направление — диверсификация в пользу государственных инфраструктурных контрактов — приобретает стратегический приоритет в 2025–2026 гг. В 2025 году в России запущены 19 новых нацпроектов с суммарным федеральным финансированием около 5,8 трлн руб., значительная часть которых направлена в строительную отрасль [9]. Государственные контракты обеспечивают более предсказуемые денежные потоки и авансирование до 30% контрактной стоимости, что существенно снижает потребность в оборотном кредитовании. Параллельно внедрение BIM-технологий, сокращающих отклонение фактической себестоимости от плановой на 5–12%, становится конкурентным преимуществом при участии в торгах.

Результаты

Оценка эффективности разработанных мероприятий проводилась методом прогнозного моделирования с использованием сценарного подхода. Базовый сценарий предполагает последовательную реализацию всего комплекса мероприятий в горизонте 2025–2026 гг. при допущении о продолжении цикла снижения ключевой ставки ЦБ РФ до 12–13% к концу 2026 г. В качестве критериев оценки использована та же система коэффициентов, что и при диагностике (табл. 3).

Таблица 3

Прогнозная динамика показателей финансовой устойчивости после реализации мероприятий

Показатель финансовой устойчивости	До мероприятий (2024)	Прогноз (2025)	Прогноз (2026)	Норматив
Коэффициент автономии	0,29	0,36	0,46	≥ 0,5
Коэффициент текущей ликвидности	1,36	1,57	1,79	1,5–2,5
Коэффициент быстрой ликвидности	0,82	0,93	1,06	≥ 1,0
Коэффициент обеспеченности СОС	0,06	0,09	0,12	≥ 0,1
Рентабельность активов (ROA), %	4,1	5,2	6,4	> 5%
Коэффициент покрытия процентов (ICR)	1,7	2,4	3,1	≥ 3,0
Финансовый рычаг (D/E)	2,45	1,90	1,35	≤ 1,5

Источник: рассчитано автором на основе прогнозной финансовой модели.

Прогнозные расчёты демонстрируют существенное улучшение финансового положения компании по всему спектру показателей. Коэффициент автономии возрастёт с 0,29 до 0,46 к концу 2026 г. — вплотную приближаясь к нормативному значению. Коэффициент текущей ликвидности перейдёт в нормативный диапазон уже по итогам 2025 г. (1,57), достигнув 1,79 к 2026 г. Рентабельность активов преодолеет пороговое значение в 5% в 2025 г. (5,2%) и достигнет 6,4% в 2026 г.

Ключевым индикатором успеха служит восстановление коэффициента покрытия процентов: с критического значения 1,7 в 2024 г. до 2,4 в 2025 г. и 3,1 в 2026 г. (норматив ≥ 3,0). Этому способствует двойной эффект: рост операционной прибыли вследствие снижения себестоимости и диверсификации доходов, а также снижение процентных расходов по мере рефинансирования на фоне смягчения ДКП. По экспертным оценкам, снижение ставки привлечения на 3–5 п.п. (с 24–26% до 19–21%) при кредитном портфеле строительной компании с выручкой 3–5 млрд руб. обеспечивает экономию 90–250 млн руб. в год [11].

Необходимо учитывать и риски реализации. Первый — макроэкономический: в случае возобновления инфляционного давления ЦБ РФ может приостановить или замедлить снижение ставки, что ограничит эффект от рефинансирования. Второй — конъюнктурный: сокращение объёмов коммерческого жилищного строительства при переориентации на государственные контракты требует значительных инвестиций в развитие компетенций и адаптацию бизнес-модели. Третий — операционный:

внедрение BIM-технологий сопряжено с первоначальными капитальными затратами и необходимостью переподготовки персонала при дефиците квалифицированных кадров в отрасли.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы. Во-первых, финансовая устойчивость строительных компаний России в 2022–2024 гг. оставалась ниже нормативных значений по всем ключевым коэффициентам. Рекордное ужесточение денежно-кредитной политики в 2024 году привело к критическому снижению коэффициента покрытия процентов до 1,7, хотя одновременный рост чистой прибыли отрасли на 23,1% обозначил наметившийся структурный сдвиг в пользу крупных, финансово устойчивых игроков.

Во-вторых, 2025–2026 гг. формируют принципиально иной операционный контекст: начавшийся цикл снижения ключевой ставки ЦБ РФ открывает возможности для выгодного рефинансирования накопленного долга, а масштабное расширение государственного инфраструктурного финансирования (19 нацпроектов с бюджетом ~5,8 трлн руб.) создаёт устойчивый спрос на строительные услуги. Разработанный комплекс мероприятий спроектирован с учётом этих возможностей.

В-третьих, прогнозные расчёты подтверждают достижимость нормативных значений ключевых показателей в горизонте двух лет: рентабельность активов вырастет с 4,1% до 6,4%, коэффициент покрытия процентов — с 1,7 до 3,1, финансовый рычаг снизится с 2,45 до 1,35. Экономия на процентных расходах от рефинансирования при снижении ставок на 3–5 п.п. может составить 90–250 млн руб. в год для компании с выручкой 3–5 млрд руб.

Практическая значимость исследования состоит в возможности применения разработанного инструментария в деятельности строительных компаний различного масштаба, прежде всего в части алгоритма своевременного рефинансирования в условиях изменяющегося цикла ДКП и использования инструментов государственной поддержки. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка отраслевых нормативных значений финансовых коэффициентов с дифференциацией по подсегментам строительства (жилищное, промышленное, инфраструктурное) с учётом существенных различий в структуре денежных потоков.

Литература

1. Росстат. Аналитическая записка «Строительный комплекс Российской Федерации в 2024 году». — М.: Росстат, 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/14458 (дата обращения: 15.02.2025).
2. Sherpa Group. Строительство в России по итогам 2025 года. — М.: Sherpa Group, 2026. URL: https://sherpagroup.ru/analytics/3p7pdnr (дата обращения: 20.02.2026).
3. Банк России. Ключевая ставка: динамика изменений. — М.: ЦБ РФ, 2025. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (дата обращения: 01.03.2026).
4. Росстат. Финансовые результаты деятельности организаций строительной отрасли за 2024 год. — М.: Росстат, март 2025. URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 05.03.2026).
5. Ковалёв В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 559 с.
6. Банк России. Обзор финансовой стабильности: IV квартал 2024 — I квартал 2025 года. — М.: ЦБ РФ, 2025. — 92 с. URL: https://www.cbr.ru (дата обращения: 15.03.2026).
7. Шеремет А. Д., Ионова А. Ф. Финансы предприятий: менеджмент и анализ: учебное пособие. — М.: ИНФРА-М, 2008. — 479 с.
8. АКРА. Методология присвоения рейтингов кредитоспособности строительным компаниям (актуализация 2024 г.). — М.: АКРА, 2024. URL: https://www.acra-ratings.ru (дата обращения: 10.01.2026).
9. Правительство Российской Федерации. Национальные проекты 2025–2030: паспорта и финансирование. — М.: Правительство РФ, 2025. URL: https://government.ru (дата обращения: 20.02.2026).
10. Коннова К.А. Анализ показателей организации, влияющих на управление дебиторской задолженностью // Научное сообщество студентов XXI века. 2025. С. 348–352.
11. Асхабова Н. Ш. Совершенствование методики оценки финансовой устойчивости коммерческой организации // Финансовые рынки и банки. 2025. No 6. С. 161–165.

Development and evaluation of measures to improve the financial stability of organizations in the Russian construction industry

Nachev P.V.

ATiSO

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines current problems of financial stability of enterprises in the Russian construction industry amid record-high interest rates of 2024 (Russian Central Bank key rate up to 21%) and the beginning of their reduction cycle in 2025. Based on an analysis of industry statistics for 2022–2024, key factors destabilizing the financial position of construction companies are identified. A set of organizational and financial measures has been developed to optimize capital structure, increase liquidity, and reduce debt burden, taking into account new opportunities for subsidized financing and government infrastructure programs in 2025. A quantitative assessment of the economic efficiency of the proposed measures is carried out. The results show that the implementation of the developed measures over the 2025–2026 horizon makes it possible to bring key financial stability indicators to standard values.

Keywords: financial stability, construction industry, capital structure, liquidity, key interest rate, debt management, government contracts, efficiency assessment.

References

1. Rosstat. Analytical note "Construction Complex of the Russian Federation in 2024". — Moscow: Rosstat, 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/14458 (accessed: 15.02.2025).
2. Sherpa Group. Construction in Russia: Results of 2025. — Moscow: Sherpa Group, 2026. URL: https://sherpagroup.ru/analytics/3p7pdnr (accessed: 20.02.2026).
3. Bank of Russia. Key Rate: Dynamics of Changes. — Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2025. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (accessed: 01.03.2026).
4. Rosstat. Financial Performance of Construction Industry Organizations for 2024. — Moscow: Rosstat, March 2025. URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 05.03.2026).
5. Kovalev, V. V. Financial Analysis: Methods and Procedures. — Moscow: Finance and Statistics, 2002. — 559 p.
6. Bank of Russia. Financial Stability Review: Q4 2024 – Q1 2025. — Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2025. — 92 p. URL: https://www.cbr.ru (accessed: 15.03.2026).
7. Sheremet, A. D., Ionova, A. F. Corporate Finance: Management and Analysis: Textbook. — Moscow: INFRA-M, 2008. — 479 p.
8. ACRA (Analytical Credit Rating Agency). Methodology for Assigning Credit Ratings to Construction Companies (updated 2024). — Moscow: ACRA, 2024. URL: https://www.acra-ratings.ru (accessed: 10.01.2026).
9. Government of the Russian Federation. National Projects 2025–2030: Frameworks and Financing. — Moscow: Government of the Russian Federation, 2025. URL: https://government.ru (accessed: 20.02.2026).
10. Konnova, K. A. Analysis of Organizational Indicators Affecting Accounts Receivable Management // Scientific Community of Students of the 21st Century. 2025. pp. 348–352.
11. Askhabova, N. Sh. Improving the Methodology for Assessing the Financial Stability of a Commercial Organization // Financial Markets and Banks. 2025. No. 6. pp. 161–165.

Концепция интегральной оценки финансовой эффективности внешнеэкономических сделок предприятий

Пермяков Максим Владимирович,
кандидат юридических наук, доцент, Уральский государственный экономический университет, pmv0929@yandex.ru

Гутин Евгений Маркович
аспирант кафедры финансов, денежного обращения и кредита Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, gutinjenya@gmail.com

В статье внешнеэкономическая сделка рассматривается не как разовая коммерческая операция, а как самостоятельный финансовый проект предприятия: с авансами, валютной позицией, таможенными платежами, логистическим лагом и потребностью в оборотном капитале. Такой ракурс важен для практики, поскольку сделка с приемлемой контрактной маржей может оказаться слабой по денежному циклу, а более дорогой вариант поставки - финансово устойчивее за счет меньшего периода отвлечения средств и меньшей валютной экспозиции. Цель исследования состоит в разработке концепции интегральной оценки финансовой эффективности внешнеэкономических сделок, пригодной для предварительной экспертизы экспортных и импортных контрактов. Методологическую основу составили системный подход, сравнительный анализ, риск-ориентированный финансовый менеджмент, нормирование частных показателей и расчетная иллюстрация выбора условий сделки. Сформулировано авторское определение финансовой эффективности внешнеэкономической сделки, предложена структура интегрального индекса, выделены группы показателей и показан порядок интерпретации результата. Практическая значимость работы заключается в возможности использовать предложенный подход при согласовании цены, валюты расчетов, условий поставки, графика платежей и источника финансирования.
Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность; внешнеэкономическая сделка; финансовая эффективность; интегральный индекс; валютный риск; стоимость капитала; таможенные платежи; корпоративные финансы; риск-менеджмент.

Введение

В практической работе с внешнеэкономическими контрактами финансовый результат сделки редко определяется только разницей между ценой закупки и ценой реализации. На первый взгляд выгодный контракт может потерять существенную часть результата из-за длинной доставки, изменения курса, банковских комиссий, необходимости авансировать поставщика или оплачивать таможенные платежи раньше, чем предприятие получает выручку от конечного покупателя. Обратная ситуация также встречается: вариант с более высокой прямой ценой оказывается предпочтительным, если он сокращает денежный цикл, снижает валютную позицию и уменьшает риск задержки документов.

Именно поэтому внешнеэкономическую сделку целесообразно рассматривать как самостоятельный финансовый проект. У такого проекта есть входящие и исходящие денежные потоки, период отвлечения капитала, стоимость финансирования, валютная экспозиция, набор обязательных платежей и риск отклонения фактических сроков от плановых. Решение о заключении контракта означает для предприятия не только коммерческое согласие на поставку товара, но и принятие финансовой конструкции: кто и когда платит, в какой валюте фиксируется цена, какой объем средств замораживается в пути и насколько результат чувствителен к изменению внешних условий.

В научной литературе достаточно подробно исследованы отдельные элементы этой проблемы: оценка инвестиционных проектов, управление валютным риском, расчет стоимости капитала, анализ оборотного капитала, таможенное регулирование и риск-менеджмент. Однако для менеджера, согласующего конкретный экспортный или импортный контракт, указанные элементы часто остаются разными таблицами и разными зонами ответственности. Финансовому директору или собственнику нужна не только детализация рисков, но и сводный показатель, который позволяет сравнить альтернативные условия сделки до подписания контракта.

Цель статьи заключается в разработке концепции интегральной оценки финансовой эффективности внешнеэкономических сделок предприятий. Для достижения цели решаются следующие задачи: уточнить содержание категории финансовой эффективности внешнеэкономической сделки; определить ограничения традиционных подходов к оценке контрактов; предложить структуру интегрального индекса; сформулировать принципы нормирования и взвешивания частных показателей; раскрыть управленческие возможности применения интегральной оценки на этапе подготовки и сопровождения контракта.

Объектом исследования выступают внешнеэкономические сделки предприятий, связанные с экспортом и импортом товаров, работ или услуг. Предметом исследования являются финансовые отношения и управленческие решения, возникающие при оценке доходности, риска, ликвидности и стоимости капитала в рамках внешнеэкономической сделки. Научная гипотеза состоит в том, что финансовая эффективность такой сделки может быть более полно отражена через интегральный показатель, объединяющий разнонаправленные частные индикаторы и позволяющий сравнивать альтернативные условия контракта до его заключения.

Обзор подходов к оценке эффективности и рисков внешнеэкономических сделок

В экономической литературе эффективность хозяйственных решений традиционно связывается с соотношением результата и затрат. В корпоративных финансах такая логика развивается через показатели чистой приведенной стоимости, внутренней нормы доходности, периода окупаемости, рентабельности капитала и экономической добавленной стоимости. Эти инструменты позволяют оценивать инвестиционные проекты и долгосрочные решения, однако внешнеэкономическая сделка имеет ряд особенностей: короткий или среднесрочный горизонт, выраженную зависимость от внешних расчетов, таможенного оформления, логистики, валютного курса и оборотного капитала.

Первый подход к оценке внешнеэкономических операций можно условно назвать маржинальным. Он основан на сопоставлении цены реализации или закупки с прямыми расходами по контракту. Преимущество данного подхода заключается в простоте и доступности для оперативного управления. Недостаток состоит в том, что маржинальная оценка часто игнорирует стоимость времени, отвлечение денежных

средств, кредитное плечо, вероятность задержек и переоценку валютных обязательств.

Второй подход связан с риск-ориентированным анализом. В его рамках отдельно оцениваются валютный риск, кредитный риск контрагента, транспортный риск, таможенный риск, санкционный или комплаенс-риск. Такой подход важен для контроля уязвимостей сделки, однако он не всегда дает ответ на вопрос о финансовой целесообразности сделки в целом. Высокий риск может быть приемлемым при достаточной доходности и коротком цикле оборота капитала, а низкорисковая сделка может быть неэффективной из-за высокой стоимости финансирования или длительной заморозки денежных средств.

Третий подход опирается на проектную логику и рассматривает контракт как совокупность денежных потоков. Он ближе всего к задачам настоящего исследования, поскольку позволяет учитывать момент возникновения расходов и поступлений. Вместе с тем в практике малого и среднего бизнеса проектный анализ внешнеэкономических сделок применяется ограниченно: часто отсутствуют формализованные сценарии, не оценивается чувствительность результата к изменению курса, ставки финансирования, сроков доставки и величины таможенных платежей.

Проведенный анализ показывает, что существующие подходы не исключают, а дополняют друг друга. Для управленческого решения требуется их интеграция. Финансовая эффективность внешнеэкономической сделки должна отражать не один показатель, а систему параметров, характеризующих способность сделки формировать положительный финансовый результат при допустимом уровне риска и приемлемой нагрузке на оборотный капитал предприятия.

Методология исследования

Методологическая позиция исследования основана на системном представлении внешнеэкономической сделки как ограниченного во времени финансового проекта. В рамках такого проекта предприятие принимает на себя обязательства, формирует денежные потоки, использует собственный или заемный капитал, несет расходы на обеспечение исполнения и сталкивается с неопределенностью внешней среды. Следовательно, оценка сделки должна проводиться не только по итоговой прибыли, но и по качеству финансовой траектории ее исполнения.

В исследовании использованы следующие методы: логико-структурный анализ для определения состава факторов финансовой эффективности; сравнительный анализ для выявления ограничений маржинального, риск-ориентированного и проектного подходов; метод нормирования показателей для приведения разноразмерных индикаторов к единой шкале; метод экспертного взвешивания для отражения отраслевой и управленческой значимости отдельных факторов; сценарный анализ для учета неопределенности параметров сделки.

Предлагаемая методика имеет концептуальный характер и предназначена для дальнейшей эмпирической проверки на данных конкретных предприятий. В статье не ставится задача вывести универсальные нормативные веса для всех отраслей, поскольку финансовая структура импортера оборудования, экспортера сырья, поставщика потребительских товаров и дистрибьютора комплектующих существенно различается. Вместо этого формируется универсальная рамка, в которую предприятие может встроить собственные нормативы риска, стоимость капитала и управленческие ограничения.

Понятие финансовой эффективности внешнеэкономической сделки

Под финансовой эффективностью внешнеэкономической сделки предлагается понимать способность конкретного экспортного или импортного контракта обеспечивать положительный экономический результат для предприятия с учетом стоимости вовлеченного капитала, структуры и сроков денежных потоков, валютной экспозиции, налогово-таможенной нагрузки, логистических издержек и совокупного воздействия финансовых рисков. Такое определение отличается от узкой трактовки эффективности как прибыли по контракту и подчеркивает связь сделки с управлением капиталом.

Ключевым элементом предложенного определения является привязка эффективности к конкретной сделке, а не к внешнеэкономической деятельности предприятия в целом. Один и тот же товарный поток может быть финансово эффективным или неэффективным в зависимости от условий поставки, валюты платежа, срока отсрочки, графика авансов, маршрута доставки, режима таможенного оформления и источника финансирования. Следовательно, предметом анализа должен быть не только товар или рынок, но и договорная конструкция сделки.

Финансовая эффективность включает четыре взаимосвязанных измерения. Первое измерение - доходность, отражающая способность сделки создавать прибыль после учета прямых и косвенных расходов. Второе - ликвидность, характеризующая влияние сделки на оборотный капитал и платежеспособность предприятия. Третье - риск, выражающий вероятность и величину неблагоприятного отклонения фактического результата от планового. Четвертое - стратегическая управляемость, показывающая, насколько условия сделки позволяют предприятию контролировать ключевые финансовые параметры в процессе исполнения.

Структура интегрального индекса

Интегральная оценка финансовой эффективности строится на объединении частных индикаторов в единый индекс. Индекс не заменяет детальный финансовый расчет, а выполняет функцию агрегированного управленческого сигнала. Он позволяет сравнивать альтернативные варианты сделки, выявлять наиболее слабые параметры контракта и устанавливать пороговые значения, ниже которых сделка не должна приниматься без дополнительного согласования.

Общая форма интегрального индекса финансовой эффективности внешнеэкономической сделки может быть представлена следующим образом:

$$I_FE = \Sigma(w_i \times N_i) - \Sigma(v_j \times R_j),$$

где I_FE - интегральный индекс финансовой эффективности сделки; N_i - нормированные положительные показатели финансового качества сделки; R_j - нормированные риск-факторы и штрафные параметры; w_i и v_j - веса соответствующих показателей, отражающие их значимость для предприятия; сумма весов в каждой группе определяется внутренней методикой финансового управления.

Для практического применения индекс целесообразно рассчитывать в диапазоне от 0 до 1 или от 0 до 100 баллов. Чем выше значение индекса, тем более финансово предпочтительной является сделка. При этом предприятие может установить три зоны управленческого решения: зеленую зону, в которой сделка допускается к заключению; желтую зону, требующую изменения условий контракта или дополнительного обеспечения; красную зону, в которой сделка признается финансово неприемлемой.

Система частных показателей

Состав частных показателей должен быть достаточным для отражения ключевых финансовых характеристик сделки, но не чрезмерным. Избыточное число индикаторов снижает прозрачность методики и усложняет ее внедрение. В качестве базового набора предлагается использовать пять блоков: доходность, стоимость капитала, ликвидность и денежный цикл, валютно-финансовая устойчивость, налогово-таможенная и логистическая нагрузка.

Таблица 1

Базовые блоки интегральной оценки финансовой эффективности внешнеэкономической сделки

Блок	Показатель	Экономическое содержание	Направление влияния
Доходность	Контрактная маржа после прямых расходов	Показывает базовый финансовый результат сделки до учета стоимости капитала и рисков	Положительное
Стоимость капитала	Стоимость финансирования сделки	Отражает процентные расходы, дисконтирование отсрочек и альтернативную стоимость собственных средств	Отрицательное
Ликвидность	Длительность денежного цикла	Характеризует период отвлечения оборотного капитала от аванса до поступления выручки или реализации товара	Отрицательное
Валютная устойчивость	Открытая валютная позиция по сделке	Показывает чувствительность результата к изменению курса валюты расчетов	Отрицательное
Таможенно-налоговая нагрузка	Доля обязательных платежей и процедурных расходов	Учитывает пошлины, налоги, сборы, расходы на оформление и обеспечение соблюдения требований	Отрицательное
Логистика	Индекс надежности сроков поставки	Оценивает вероятность задержки, удлинения маршрута и роста транспортных расходов	Положительное при высокой надежности
Контрагентский риск	Оценка платежной и договорной дисциплины контрагента	Отражает вероятность нарушения оплаты, поставки, качества документов или условий договора	Отрицательное

Доходность сделки рекомендуется оценивать не только через валовую маржу, но и через показатель чистого финансового результата после учета дополнительных расходов, возникающих вследствие внешнеэкономического характера операции. К таким расходам относятся банковские комиссии, расходы на валютный контроль, страхование, сертификацию, хранение, оформление разрешительных документов и обслуживание заемного капитала.

Стоимость капитала должна учитываться даже в тех случаях, когда сделка финансируется за счет собственных средств. Отвлечение оборотного капитала имеет альтернативную стоимость: предприятие могло бы направить эти средства на иную операцию, погасить кредит или сократить потребность в заемном финансировании. Поэтому сделки с одинаковой маржей могут иметь различную финансовую эффективность при разной длительности денежного цикла.

Ликвидность сделки определяется временной структурой денежных потоков. Импортный контракт с высокой предоплатой и длительной доставкой может создавать существенную нагрузку на оборотный капитал, даже если итоговая маржа выглядит достаточной. Экспортный контракт с отсрочкой платежа, напротив, может формировать кредитный риск и потребность в финансировании дебиторской задолженности. В обоих случаях оценка эффективности без учета времени будет неполной.

Валютная устойчивость характеризует степень совпадения валюты расходов, валюты финансирования и валюты поступлений. Если предприятие несет расходы в одной валюте, получает выручку в другой, а финансирование привлекает в третьей, то финансовый результат сделки становится чувствительным к нескольким курсовым парам. В интегральной оценке этот фактор может учитываться через коэффициент открытой валютной позиции и сценарную переоценку результата.

Нормирование и взвешивание показателей

Поскольку частные показатели имеют различную размерность, для их включения в интегральный индекс требуется нормирование. Для положительно влияющих показателей, рост которых повышает эффективность сделки, может применяться линейное нормирование:

$N_i = (X_i - X_min) / (X_max - X_min)$.

Для показателей, рост которых снижает эффективность сделки, используется обратная форма нормирования:

$N_i = (X_max - X_i) / (X_max - X_min)$.

Границы X_min и X_max могут определяться на основе исторических данных предприятия, отраслевых нормативов, управленческих лимитов или сценарных расчетов. Например, для длительности денежного цикла минимальным значением может быть лучший наблюдаемый срок по аналогичным сделкам, а максимальным - срок, при котором сделка перестает соответствовать лимитам ликвидности. Для валютной экспозиции максимальное значение может соответствовать объему незахеджированной позиции, превышение которого требует отдельного решения финансового комитета.

Выбор весов является одним из наиболее чувствительных элементов методики. Веса должны отражать не абстрактную важность показателей, а финансовую политику конкретного предприятия. Для компании с ограниченным доступом к кредиту ключевое значение может иметь ликвидность и длительность денежного цикла. Для экспортера с высокой долей валютной выручки - валютная устойчивость и риск контрагента. Для импортера оборудования - надежность поставки, таможенная нагрузка и стоимость финансирования. Поэтому веса рекомендуется утверждать как часть внутреннего регламента оценки внешнеэкономических сделок.

Алгоритм применения интегральной оценки

1. На первом этапе формируется финансовая модель сделки: цена, объем, валюта расчетов, график платежей, условия поставки, транспортные расходы, таможенные платежи, налоги, комиссии и предполагаемые сроки исполнения.

2. На втором этапе определяются денежные потоки сделки по датам. Расходы и поступления распределяются во времени, что позволяет рассчитать длительность денежного цикла, потребность в финансировании и чувствительность результата к изменению сроков.

3. На третьем этапе выполняется сценарный расчет. Минимально целесообразно рассматривать базовый, оптимистичный и стрессовый сценарии: изменение курса, увеличение срока доставки, рост транспортных расходов, задержка оплаты, изменение ставки финансирования.

4. На четвертом этапе рассчитываются частные показатели и приводятся к нормированной шкале. Для каждого показателя фиксируются источник данных, метод расчета и допустимый диапазон значений.

5. На пятом этапе рассчитывается интегральный индекс и определяется зона управленческого решения. Если индекс находится в желтой зоне, финансовый менеджер должен предложить корректировку условий: изменение валюты платежа, сокращение отсрочки, включение аванса, страхование, хеджирование, изменение маршрута или пересмотр цены.

6. На шестом этапе результаты оценки документируются и используются при согласовании контракта. Это превращает интегральный индекс не в формальную метрику, а в элемент системы внутреннего контроля и финансового планирования.

Расчетная иллюстрация выбора условий сделки

Для пояснения логики интегральной оценки рассмотрим условную импортную сделку, по которой предприятие выбирает один из трех вариантов поставки. Пример не является эмпирической апробацией на данных конкретной организации; его задача - показать, почему решение, основанное только на марже, может отличаться от решения, основанного на совокупном финансовом качестве сделки.

Вариант А предполагает минимальную закупочную цену и поэтому дает наибольшую расчетную маржу. Однако он связан со стопроцентной предоплатой, длительным маршрутом и открытой валютной позицией до момента реализации товара. Вариант В дороже по прямым затратам, но предусматривает частичный платеж после отгрузки, более короткий логистический цикл и частичное совпадение валюты расходов с валютой будущей выручки. Вариант С занимает промежуточное положение: маржа выше, чем у варианта В, но денежный цикл и валютный риск остаются ближе к варианту А.

Таблица 2

Условная сравнительная оценка трех вариантов внешнеэкономической сделки

Параметр	Вариант А	Вариант В	Вариант С	Комментарий
Маржа после прямых расходов	14,2%	12,8%	13,6%	По марже предпочтителен вариант А
Денежный цикл	96 дней	58 дней	81 день	Чем длиннее цикл, тем выше потребность в финансировании
Открытая валютная позиция	100%	35%	70%	Показывает долю результата, чувствительную к изменению курса
Стоимость финансирования	7,1%	3,9%	5,8%	Оценивает цену отвлечения оборотного капитала
Логистическая надежность	0,52	0,81	0,63	Нормированная оценка стабильности срока поставки
Интегральный индекс I_FE	0,54	0,71	0,61	По совокупной оценке предпочтителен вариант В

Полученный результат демонстрирует управленческий смысл интегрального подхода. Если предприятие ориентируется только на маржу, выбор падает на вариант А. Но после учета денежного цикла, валютной позиции, стоимости финансирования и логистической надежности более устойчивым оказывается вариант В. Его контрактная маржа ниже, однако сделка быстрее возвращает капитал в оборот и меньше зависит от неблагоприятного изменения курса.

Такой вывод не означает, что вариант А должен быть автоматически отвергнут. Индекс указывает на условия, которые необходимо пересогласовать: сократить аванс, зафиксировать курс, изменить валюту платежа, получить отсрочку от поставщика или включить в цену дополнительную премию за финансирование. Следовательно, интегральная оценка работает не только как инструмент отбора, но и как инструмент переговоров по условиям внешнеэкономического контракта.

Управленческая интерпретация результатов

Интегральный индекс не должен восприниматься как механический заменитель профессионального суждения. Его назначение состоит в том, чтобы сделать управленческое решение более прозрачным и сопоставимым. Если две сделки имеют одинаковую ожидаемую прибыль, но различаются по длительности оборота капитала и валютной экспозиции, интегральная оценка позволяет выявить финансово предпочтительный вариант. Если сделка имеет высокую маржу, но требует длительного авансирования и обладает высокой вероятностью задержки, индекс покажет необходимость дополнительной премии за риск.

Практическая ценность предложенного подхода особенно высока при выборе условий Incoterms, валюты контракта и схемы платежей. Например, переход от условий, при которых покупатель берет на себя часть логистических рисков, к условиям, где продавец отвечает за доставку до более поздней точки, может увеличить цену сделки, но одновременно изменить риск задержки, страховые расходы и потребность в оборотном капитале. Маржинальный расчет покажет только изменение цены и затрат, тогда как интегральная оценка позволит увидеть полный финансовый эффект.

Для предприятий, регулярно осуществляющих внешнеэкономические операции, интегральный индекс может использоваться как элемент портфельного управления. В этом случае оценивается не только отдельная сделка, но и совокупность контрактов: концентрация валютной позиции, зависимость от отдельных маршрутов, распределение сроков пла-

тежей, совокупная потребность в кредитных линиях. Такой подход сближает управление внешнеэкономической деятельностью с практиками управления финансовым портфелем и операционным риском.

Научная новизна

- обосновано рассмотрение внешнеэкономической сделки как самостоятельного объекта финансового управления, имеющего собственную структуру денежных потоков, рисков и потребности в капитале;
- предложено авторское определение финансовой эффективности внешнеэкономической сделки, расширяющее традиционную трактовку эффективности за счет включения стоимости капитала, ликвидности, валютной экспозиции и налогово-таможенной нагрузки;
- разработана концептуальная структура интегрального индекса финансовой эффективности, объединяющего положительные показатели финансового качества сделки и штрафные риск-факторы;
- сформулированы принципы нормирования, взвешивания и управленческой интерпретации частных показателей при предварительной экспертизе экспортных и импортных контрактов;
- показана возможность использования интегральной оценки как инструмента внутреннего контроля, сценарного анализа и выбора условий внешнеэкономического контракта.

Ограничения исследования и направления дальнейшей разработки

Предложенная концепция имеет ряд ограничений. Во-первых, интегральный индекс зависит от качества исходных данных. Если предприятие не фиксирует фактические сроки доставки, комиссии, расходы на хранение, курсовые отклонения и задержки платежей, то нормирование показателей будет опираться на экспертные оценки, что снижает точность результата. Во-вторых, веса показателей могут быть субъективными и требуют регулярного пересмотра. В-третьих, универсальный индекс не отменяет необходимости юридической, таможенной и комплаенс-экспертизы сделки.

Дальнейшее развитие исследования предполагает эмпирическую апробацию методики на выборке реальных внешнеэкономических сделок предприятий различных отраслей. Перспективным направлением является построение отраслевых профилей весов, разработка цифровой формы скоринговой карты сделки, использование исторических данных для автоматического уточнения границ нормирования, а также включение в модель показателей устойчивости цепей поставок и вероятности регуляторных изменений.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что внешнеэкономическая сделка должна оцениваться как самостоятельный финансовый проект, а не как простая операция купли-продажи. Ее результат формируется не только прямой маржей, но и тем, насколько долго капитал находится вне оборота, в какой валюте зафиксированы обязательства, когда возникают таможенные и логистические платежи и какие отклонения сроков способны изменить итоговый финансовый результат.

Предложенная концепция интегральной оценки не отменяет детальный расчет сделки, но меняет порядок управленческого взгляда на контракт. Вместо вопроса «какая маржа выше?» предприятие получает возможность поставить более точный вопрос: какой вариант сделки дает приемлемое сочетание доходности, ликвидности, валютной устойчивости и стоимости финансирования. Расчетная иллюстрация показывает, что вариант с наибольшей маржей не всегда является финансово предпочтительным, если он сопровождается длинным денежным циклом и высокой открытой валютной позицией.

Научная значимость исследования состоит в уточнении категории финансовой эффективности внешнеэкономической сделки и разработке концептуальной модели ее интегральной оценки. Практическая значимость заключается в возможности включить индекс в регламент предварительного согласования контрактов: при выборе условий поставки, валюты расчетов, графика платежей, необходимости хеджирования и размера ценовой премии за риск. Дальнейшие исследования должны быть направлены на проверку модели на фактических данных предприятий, калибровку весов и разработку отраслевых шкал интерпретации индекса.

Литература

1. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза: приложение N 1 к Договору о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза от 11.04.2017.
2. О валютном регулировании и валютном контроле: Федеральный закон от 10.12.2003 N 173-ФЗ.
3. Банк России. Платежный баланс Российской Федерации: статистические материалы. URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/ (дата обращения: 09.07.2026).
4. Банк России. Официальные курсы иностранных валют по отношению к рублю. URL: https://www.cbr.ru/currency_base/daily/ (дата обращения: 09.07.2026).
5. Федеральная таможенная служба России. Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации. URL: https://customs.gov.ru/statistic (дата обращения: 09.07.2026).
6. Федеральная служба государственной статистики. Внешняя торговля Российской Федерации: официальная статистика. URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 09.07.2026).
7. COSO. Enterprise Risk Management: Integrating with Strategy and Performance. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, 2017.
8. Damodaran A. Applied Corporate Finance. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
9. Hull J. C. Risk Management and Financial Institutions. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
10. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal of Finance. 1952. Vol. 7, No. 1. P. 77-91.
11. Modigliani F., Miller M. H. The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment // The American Economic Review. 1958. Vol. 48, No. 3. P. 261-297.
12. Sharpe W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk // The Journal of Finance. 1964. Vol. 19, No. 3. P. 425-442.
13. Brealey R. A., Myers S. C., Allen F. Principles of Corporate Finance. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
14. International Chamber of Commerce. Incoterms 2020: ICC Rules for the Use of Domestic and International Trade Terms. Paris: ICC, 2019.
15. ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines. International Organization for Standardization, 2018.

Concept of integral assessment of financial efficiency of foreign economic transactions of enterprises

Permyakov M.V., Gutin E.M.

Ural State University of Economics, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article treats a foreign economic transaction not merely as a commercial operation but as an individual financial project of an enterprise, involving advance payments, currency exposure, customs payments, logistics time lag and working capital requirements. This perspective is important in practice: a transaction with an acceptable contractual margin may be weak in terms of cash conversion cycle, while a seemingly more expensive delivery option may be financially stronger because it reduces capital immobilization and open currency position. The purpose of the study is to develop a concept for integral assessment of the financial efficiency of foreign economic transactions suitable for preliminary examination of export and import contracts. The methodological basis includes a systems approach, comparative analysis, risk-oriented financial management, normalization of partial indicators and an illustrative calculation of alternative transaction terms. The author proposes a definition of financial efficiency of a foreign economic transaction, develops the structure of an integral index, identifies groups of indicators and explains how the result can be interpreted in managerial decision-making. The approach can be applied when negotiating price, settlement currency, delivery terms, payment schedule and financing source.

Keywords: foreign economic activity; foreign economic transaction; financial efficiency; integral index; currency risk; cost of capital; customs payments; corporate finance; risk management.

References

1. The Customs Code of the Eurasian Economic Union: Appendix No. 1 to the Treaty on the Customs Code of the Eurasian Economic Union dated 11.04.2017.
2. On Currency Regulation and Currency Control: Federal Law No. 173-FZ dated 10.12.2003.
3. The Bank of Russia. Balance of Payments of the Russian Federation: statistical materials. URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/svs / (date of application: 07/09/2026).
4. Bank of Russia. Official exchange rates of foreign currencies against the ruble. URL: https://www.cbr.ru/currency_base/daily / (date of access: 07/09/2026).
5. The Federal Customs Service of Russia. Customs statistics of foreign trade of the Russian Federation. URL: https://customs.gov.ru/statistic (date of reference: 07/09/2026).
6. Federal State Statistics Service. Foreign trade of the Russian Federation: official statistics. URL: https://rosstat.gov.ru / (date of access: 07/09/2026).
7. COSO. Enterprise Risk Management: Integrating with Strategy and Performance. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, 2017.
8. Damodaran A. Applied Corporate Finance. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
9. Hull J. C. Risk Management and Financial Institutions. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
10. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal of Finance. 1952. Vol. 7, No. 1. P. 77-91.
11. Modigliani F., Miller M. H. The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment // The American Economic Review. 1958. Vol. 48, No. 3. P. 261-297.
12. Sharpe W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk // The Journal of Finance. 1964. Vol. 19, No. 3. P. 425-442.

Оценка устойчивости финансового состояния российских корпораций к внешним макроэкономическим шокам на основе сценарного анализа

Княжев Урфан Викторович
аспирант, экономический факультет, Московская международная академия

В статье рассматривается процесс оценки финансовой устойчивости корпоративного сектора экономики в условиях макроэкономической турбулентности с позиций сценарного анализа. Дан обзор теоретико-методологических основ стресс-тестирования нефинансовых организаций, показаны достоинства и недостатки действующих систем финансового моделирования. Предложен подход к механизмам оценки устойчивости, отличительной чертой которого является смещение фокуса с ретроспективного анализа коэффициентов на превентивное моделирование каскадных эффектов от реализации внешних шоков. Рассмотрены основные группы факторов, определяющих трансмиссионные каналы макроэкономических рисков, составлена концептуальная модель управления рисками в рамках крупных корпоративных структур. Особое внимание уделено разработке практического инструментария для своевременного реагирования на возникающие угрозы ликвидности и платежеспособности на базе системного подхода, учитывающего специфику структурной трансформации российской экономики и повышенные требования к качеству стратегического планирования.

Ключевые слова: финансовая устойчивость, макроэкономический шок, российские корпорации, сценарный анализ, стресс-тестирование, управление рисками, корпоративные финансы.

Проблема разработки комплексных системных моделей и методов поддержки принятия управленческих решений по обеспечению устойчивости финансового состояния российских корпораций в условиях устойчиво высокой макроэкономической турбулентности приобретает характер одной из ключевых научно-практических задач современного этапа развития экономики Российской Федерации. На уровне макросистемы национальной экономики корпоративный сектор выступает критически важным подсегментом, аккумулирующим значительную часть инвестиционной активности, занятости и экспортного потенциала, а потому устойчивость его финансового состояния непосредственно детерминирует параметры макроэкономической стабильности и траекторию структурной трансформации [7].

В сложившихся условиях усиливающихся внешних шоков – резких изменений конъюнктуры глобальных товарных рынков, ужесточения санкционного и регуляторного давления, роста неопределённости в сфере трансграничных расчётов и ограничений доступа к международным рынкам капитала – существенно возрастает роль системного, опирающегося на методы сценарного анализа, подхода к управлению финансовой устойчивостью корпораций. Классические детерминированные методы финансового анализа, основанные на экстраполяции ретроспективных рядов коэффициентов ликвидности, рентабельности и оборачиваемости, оказываются методологически недостаточными, поскольку не позволяют адекватно учитывать нелинейный, каскадный характер реакции финансовых метрик на комплексное воздействие макроэкономических факторов [4, 7].

С точки зрения системного анализа устойчивость финансового состояния корпорации к макроэкономическим шокам следует трактовать не как статичное свойство, фиксируемое в конкретный момент времени, а как динамическую характеристику поведения сложной экономической системы во взаимодействии с турбулентной внешней средой. Такая трактовка предполагает рассмотрение корпорации как открытой, иерархически организованной системы, обладающей множеством взаимосвязанных подсистем (производственной, финансовой, сбытовой, логистической, управленческой), каждая из которых по-своему воспринимает и трансформирует внешние воздействия, порождаемые макроэкономическими шоками [8, 9].

В этих условиях ключевым элементом конструкции корпоративного финансового управления выступает система управления финансовой устойчивостью корпорации (СУФУК), понимаемая авторами как целостная совокупность финансовых процессов и органов управления, реализующих эти процессы с использованием специализированного аналитического инструментария и формализованных моделей стресс-тестирования и сценарного анализа, ориентированных на предупреждение кассовых разрывов, недопущение нарушения ковенант и предотвращение системной потери платёжеспособности.

С позиций системного анализа СУФУК может быть классифицирована как:

1. Искусственная система, поскольку целенаправленно конструируется менеджментом корпорации и не существует вне рамок организационно-управленческой надстройки предприятия;
2. Экономическая по базовой сущности, так как её функции и результаты проявляются в финансово-экономических показателях, отражаемых в отчётности и рыночной оценке компании;
3. Автоматизированная по степени участия человека, учитывая возрастающую роль информационных систем класса ERP, казначейских платформ и модулей управленческой отчётности, обеспечивающих непрерывный сбор и обработку данных;[10, 11]
4. Непрерывная с дискретными блоками по характеру функционирования во времени: мониторинг макроиндикаторов и внутренних KPI осуществляется в режиме близком к реальному времени, тогда как пересмотр сценариев, параметров моделей и управленческих решений осуществляется в дискретные моменты (циклы бюджетирования, обновление стратегий, заседания комитетов по рискам);
5. Сложная и открытая по взаимодействию с внешней средой, поскольку её поведение определяется не только внутренними регламентами и ресурсными ограничениями, но и широким спектром экзогенных факторов – от глобальных процентных ставок до геополитической конфигурации торговых потоков [9, 4].

Целостность СУФУК проявляется в том, что она не сводится к простой сумме элементов (подразделений, регламентов, ИТ-систем), а обладает интегративными свойствами, позволяющими обеспечивать устойчивость корпоративных финансов даже в условиях одновременного действия нескольких неблагоприятных шоков. При этом делимость системы означает возможность декомпозиции СУФУК на ряд функциональных подсистем, каждая из которых решает специализированные задачи, но подчинена общей цели сохранения платёжеспособности и акционерной стоимости.

На микроуровне в составе СУФУК целесообразно выделить, по меньшей мере, три ключевые подсистемы: подсистема сценарного планирования и макроаналитики, обеспечивающая поступление и обработку входного потока макроэкономических данных из внешней среды, формирование наборов сценариев и их параметризацию [12, 4]; подсистема организации и оперативного управления финансовыми потоками, осуществляющая трансформацию входящей информации о сценариях в конкретные инструменты хеджирования, изменения структуры капитала, трансформации графиков финансирования и инвестиционных программ [13, 10]; подсистема контроля и мониторинга ковенант, ориентированная на постоянную верификацию фактических значений ключевых финансовых коэффициентов по отношению к порогам, зафиксированным в долговых соглашениях, внутренних регламентах и стратегических документах [11, 14].

Структурная связность этих подсистем обеспечивается сложной сетью регламентов бюджетирования, инвестиционной и дивидендной политики, политик управления ликвидностью и долговой нагрузкой, а также встроенными в ERP-и BI-системы логическими ограничениями и контрольными соотношениями. Именно эта система связей порождает интегративное свойство эмерджентности: СУФУК как целое демонстрирует уровень адаптивности и устойчивости, недостижимый при изолированном функционировании её элементов без единой системной рамки [15, 10].

Системный подход к оценке устойчивости финансового состояния предполагает использование развитого терминологического аппарата, позволяющего формализовать отношения между макроэкономическими параметрами и финансовыми результатами корпорации. В широком смысле финансовое состояние корпорации можно описать через вектор состояний $\mathbf{y}(t)$, включающий показатели ликвидности, рентабельности, долговой нагрузки, структуры капитала и генерации свободного денежного потока, тогда как вектор параметров внешней среды $\mathbf{x}(t)$ включает макроэкономические индикаторы (темпы роста ВВП, инфляцию, ключевую ставку, валютные курсы, ценовые индексы на сырьевые товары и т.п.) [8, 10].

Между этими векторами существует сложная, преимущественно нелинейная функциональная зависимость, которая в терминах системного анализа может быть представлена в виде структурной функции состояния:

$$\mathbf{y}(t) = F(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), \mathbf{z}(t)),$$

где $\mathbf{u}(t)$ – вектор управлений (решений менеджмента по структуре капитала, дивидендной политике, объёмам и структуре CAPEX и OPEX), а $\mathbf{z}(t)$ – вектор внутренних характеристик системы (технологический уровень, организационная структура, качество корпоративного управления).

В рамках анализа устойчивости задача менеджмента сводится к выбору такой траектории $\mathbf{u}(t)$ и такому преобразованию $\mathbf{z}(t)$, которые обеспечивают нахождение $\mathbf{y}(t)$ в допустимой области устойчивого функционирования при множестве допустимых сценариев изменения $\mathbf{x}(t)$.

Анализ отечественной практики показывает, что единая нормативно закреплённая дефиниция понятия «устойчивость финансового состояния корпорации к макроэкономическим шокам» пока отсутствует, что порождает разнородность методик и подходов. В рамках настоящего исследования под указанной устойчивостью предлагается понимать динамическую характеристику структуры капитала и денежных потоков предприятия, выражающуюся в способности непрерывно абсорбировать негативные экзогенные воздействия без критической потери рыночной стоимости и без нарушения непрерывности деятельности, при этом основным механизмом достижения данного состояния признаётся предиктивная адаптация бизнес-модели на основе многофакторного сценарного моделирования [9, 8].

Регуляторная политика в области развития финансового рынка и корпоративного сектора задаёт для СУФУК рамочные ограничения и ориентиры. В «Основных направлениях развития финансового рынка Российской Федерации» Банк России подчёркивает необходимость развития практик самостоятельного стресс-тестирования бизнес-моделей корпорациями и интеграции результатов таких тестов в процессы стратегического планирования и управления рисками. Одновременно Министерство экономического развития РФ формирует сценарные условия прогноза социально-экономического развития, задавая базовые, консервативные и стрессовые траектории ключевых макроиндикаторов, которые должны служить входными данными для корпоративных моделей [2, 4].

Важное значение имеет и институциональный дискурс, задаваемый высказываниями руководителей регуляторов и крупных институтов развития. Подчёркивая необходимость адаптации к «длительно жёстким» денежно-кредитным условиям и повышенной неопределённости внешней среды, регуляторы фактически стимулируют формирование у корпораций более осторожного отношения к долговому финансированию и усиление роли сценарного анализа при принятии решений о структурировании капитала и выборе инвестиционных приоритетов [17, 6].

Таблица 1

Сценарное моделирование влияния макроэкономических шоков на финансовое состояние корпорации

Тип макроэкономического шока	Ключевой трансмиссионный канал	Влияние на финансовые метрики	Инструменты предупреждения
Процентный (монетарный) шок	Резкое повышение ключевой ставки Банка России; существенное удорожание стоимости привлечения нового долга и рефинансирования текущего портфеля; ужесточение условий доступа к кредитным ресурсам.	Критическое снижение коэффициента покрытия процентных выплат (ICR); стремительный рост доли процентных расходов в структуре затрат; падение чистой прибыли и свободного денежного потока; возникновение системных кассовых разрывов и риска нарушения ковенант.	Фиксация процентных ставок (использование процентных свопов и фиксированных кредитных линий); планомерное удлинение сроков заимствований (debt maturity extension); целенаправленное снижение доли краткосрочного долга; переструктурирование портфеля обязательств в сторону менее чувствительных к ставке инструментов.
Валютный шок	Резкая девальвация национальной валюты; появление непреодолимых инфраструктурных ограничений при осуществлении расчётов в недружественных валютах; изменение правил валютного контроля и расчётов.	Масштабный рост рублевой стоимости импортных комплектующих и капитального оборудования; переоценка валютных долговых обязательств с резким ростом долговой нагрузки; радикальное снижение маржинальности по показателю EBITDA в экспортно-импортно-зависимых сегментах; повышенный риск нарушения ковенант по валютным займам.	Оперативный переход на расчёты в национальных валютах дружественных стран и альтернативные платёжные системы; применение стратегий натурального хеджирования (сопоставление валюты выручки и затрат); использование валютных деривативов; перераспределение инвестиционных проектов в пользу менее валютно-зависимых направлений.
Шок спроса (рецессионный)	Глубокое падение реальных располагаемых доходов населения; масштабный секвестр государственных инвестиционных и инфраструктурных программ; сокращение корпоративного и государственного спроса.	Стремительное снижение объёмов выручки; критическое замедление оборачиваемости дебиторской задолженности; рост доли безнадёжной дебиторской задолженности; необходимость признания убытков от обесценения активов и сокращения производственных мощностей; ухудшение показателей рентабельности капитала.	Стратегическая диверсификация продуктового портфеля и географии присутствия; переход на гибкие (переменные) структуры затрат с высоким удельным весом условно-переменных расходов; ужесточение кредитной политики в отношении контрагентов; развитие сервисных и контрактных моделей, обеспечивающих устойчивость выручки.
Логистико-санкционный шок	Мгновенное закрытие традиционных рынков сбыта; тотальное нарушение глобальных цепочек поставок критически важного оборудования и производственных компонентов; удлинение транспортных плеч и рост логистических издержек.	Вынужденное замораживание капитальных вложений (CAPEX) в проекты, завязанные на недоступные технологии; неконтролируемый рост продолжительности операционного цикла; существенное увеличение объёма неликвидных запасов и потребности в оборотном капитале (NWC); рост риска простоев и снижения производственной загрузки.	Заблаговременное формирование стратегических страховых запасов по критическим ресурсам; ускоренная локализация пула поставщиков и развитие кооперации с отечественными и дружественными производителями; проактивное резервирование свободных кредитных линий (committed lines) для финансирования увеличенного оборотного капитала; пересмотр портфеля инвестиционных проектов с учётом доступности технологий.

Источник: *составлено авторами на основе системного обобщения практики корпоративного сектора.*

Объект исследования, система управления финансовой устойчивостью корпорации в условиях макроэкономических шоков, обладает рядом системных свойств, обусловливающих специфический характер её

функционирования: целостность и иерархическая делимость, многообразие и насыщенность связей, организованность и формализованность, эмерджентность и адаптивность, резервируемость и избыточность [9, 11, 13, 14, 15, 17]. Учитывая данные особенности, была составлена таблица 1, позволяющая представить, каким образом различные типы макроэкономических шоков преобразуются во внутренние финансовые эффекты в корпорации.

Табличное представление позволяет трактовать СУФУК как систему сопоставления актуального вектора макроэкономических параметров с набором заранее сформированных стресс-сценариев и связанных с ними управленческих решений. По сути, блок принятия решений выполняет операцию классификации текущего состояния внешней среды по одному из сценариев (или их комбинации) с последующей активацией соответствующего набора инструментов митигации.

Несмотря на очевидные преимущества сценарного подхода, эмпирические исследования демонстрируют наличие значительных барьеров на пути его широкого внедрения в отечественных корпорациях. К ним относятся: высокая волатильность базовых макроиндикаторов, затрудняющая построение устойчивых прогнозных моделей; недостаточная автоматизация ERP-систем, препятствующая оперативному запуску стресс-тестов; институциональное сопротивление части топ-менеджмента, не заинтересованного в признании пессимистичных сценариев в качестве реалистичных базовых, а также структурный разрыв между стратегическим риск-менеджментом и операционным казначейством [10, 11, 17].

Системный анализ показывает, что преодоление указанных барьеров требует не только внедрения новых моделей и ИТ-решений, но и глубокой трансформации корпоративной культуры – перехода от реактивной парадигмы «латания финансовых дыр» к концепции проактивного системного стресс-тестирования, при которой выявление уязвимостей рассматривается как ценное управленческое знание, а не как повод для санкций.

В качестве первоочередных мер по снижению неопределённости и укреплению СУФУК целесообразно выделить: разработку и утверждение формализованного регламента стресс-тестирования, обязывающего финансовый блок рассчитывать, как минимум, базовый, стрессовый и экстремальный сценарии при защите годового бюджета и среднесрочной стратегии; тесную интеграцию макроэкономических триггеров в ковенанты дивидендной и инвестиционной политики (например, автоматическое ограничение дивидендных выплат при реализации стресс-сценария по ключевой ставке и ликвидности); сквозную цифровизацию финансового моделирования с использованием методов машинного обучения и нейросетевого анализа для выявления нелинейных зависимостей между макропоказателями и FCF; формирование кросс-функциональных комитетов по рискам, объединяющих компетенции казначейства, стратегического блока, производственных и коммерческих подразделений [11, 13, 17].

Таким образом, сценарный анализ макроэкономических шоков, встроенный в системно организованную СУФУК, позволяет рассматривать управление финансовой устойчивостью корпораций как задачу выбора оптимальных траекторий развития в пространстве состояний «компания – макросреда», а не как локальную реакцию на уже реализовавшиеся риски. Концептуальная модель, предложенная авторами, представляет собой системную рамку, в которой альтернативные варианты реагирования на шоки формализуются, многокритериально сравниваются и поддаются ранжированию по степени эффективности и соответствия стратегическим целям акционеров.

Использование разработанного системного аппарата и матричных представлений трансмиссионных каналов позволяет существенно повысить точность и содержательность управленческих решений, принимаемых в условиях глубокой неопределённости исходных данных, одновременно минимизируя стоимостные потери и снижая вероятность наступления критических состояний (дефолт, реструктуризация долга, потеря технологического суверенитета). В долгосрочной перспективе внедрение предложенных системных инструментов в практику советов директоров и правлений российских корпораций способно обеспечить не только сохранение акционерной стоимости, но и укрепление устойчивости национальной экономической системы в целом, повышая её способность к адаптации и развитию в условиях повторяющихся и во многом непредсказуемых макроэкономических шоков.

Литература

1. Бланк И. А. Финансовый менеджмент и управление рисками корпорации // Вестник финансового университета. 2022. Т. 11, № 2. С. 45–58.
2. Воронцовский В. Р. Оценка рисков и стресс-тестирование в реальном секторе экономики // Экономика и управление. 2023. Т. 16, № 1. С. 24–43.
3. Ермакова Н. А. Развитие риск-ориентированного подхода в системе корпоративных финансов // Финансы: теория и практика. 2024. Т. 28, № 4. С. 112–124.
4. Иванова М. Л. Управление корпоративной ликвидностью: новые подходы к оценке макроэкономических шоков // Финансовый журнал. 2022. Т. 14, № 3. С. 56–71.
5. Карпов И. Г. Мониторинг финансового состояния промышленных предприятий: переход к предиктивной аналитике // Региональная экономика: теория и практика. 2023. Т. 21, № 6. С. 1089–1104.
6. Лукасевич И. Я. Оценка результативности финансового управления: проблемы и перспективы сценарного анализа // Финансы и кредит. 2024. № 1. С. 34–56.
7. Макеев А. Е. Практика применения стресс-тестирования в российских вертикально-интегрированных холдингах // Вестник МГУ. Серия Экономика. 2023. № 2. С. 15–22.
8. Никитина В. В., Михайлова А. А. Финансовые риски корпораций в условиях макроэкономической нестабильности // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 4 (56). С. 182–188.
9. Орлова А. Ф., Сопилко Н. Ю., Кузнецов А. А. Устойчивое развитие: эволюция подходов к оценке // Экономика и предпринимательство. 2018. № 5(94). С. 156–159.
10. Петров В. А. Инструментарий контроллинга в управлении финансовой устойчивостью // Инновации и инвестиции. 2021. № 10. С. 88–93.
11. Соколов И. А. Проблемы и перспективы интеграции оценки рисков в инвестиционный процесс корпорации // Экономическое развитие России. 2025. Т. 32, № 2. С. 40–49.
12. Сопилко Н. Ю., Спильниченко В. К. Стратегическое управление в контексте обеспечения национальной экономической безопасности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 4. № 5(146). С. 33–41. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.04.005.
13. Федорова Е. А. Моделирование вероятности банкротства российских предприятий: отраслевой аспект // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22, № 2. С. 312–328.
14. Шаш Н. Н. Индикаторы оценки долговой нагрузки при реализации инвестиционных программ // Управленческое консультирование. 2022. № 8. С. 77–89.
15. Яшина Н. И., Яшин С. Н. Методология оценки эффективности финансовой стратегии с учетом факторов риска // Корпоративные финансы. 2023. Т. 17, № 2. С. 31–48.
16. Altman E. I., Hotchkiss E. Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
17. Merton R. C. On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates // Journal of Finance. 1974. Vol. 29, No. 2. pp. 449–470.

Assessing the resilience of the financial condition of Russian corporations to external macroeconomic shocks based on scenario analysis

Knyazhev U.V.
The Moscow International Academy

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This scientific article examines the process of assessing the financial stability of the corporate sector in conditions of macroeconomic turbulence from the perspective of scenario analysis. It provides an overview of the theoretical and methodological foundations of stress testing for non-financial organizations, highlighting the strengths and weaknesses of existing financial modeling systems. An approach to stability assessment mechanisms is proposed, distinguished by a shift in focus from a retrospective analysis of ratios to preventive modeling of cascading effects from external shocks. The main groups of factors determining the transmission channels of macroeconomic risks are examined, and a conceptual risk management model for large corporate structures is developed. Particular attention is paid to the development of practical tools for a timely response to emerging threats to liquidity and solvency based on a systems approach that takes into account the specifics of the structural transformation of the Russian economy and the increased demands on the quality of strategic planning.

Keywords: financial resilience, macroeconomic shock, Russian corporations, scenario analysis, stress testing, risk management, corporate finance.

References

1. Blank I. A. Financial Management and Corporate Risk Management // Bulletin of the Financial University. 2022. Vol. 11, no. 2. pp. 45–58.
2. Vorontsovskii V. R. Risk Assessment and Stress Testing in the Real Sector of the Economy // Economics and Management. 2023. Vol. 16, no. 1. pp. 24–43.
3. Ermakova N. A. Development of a Risk-oriented Approach in the Corporate Finance System // Finance: Theory and Practice. 2024. Vol. 28, no. 4. pp. 112–124.
4. Ivanova M. L. Corporate Liquidity Management: New Approaches to Assessing Macroeconomic Shocks // Financial Journal. 2022. Vol. 14, no. 3. pp. 56–71.

5. Karpov I. G. Monitoring the Financial Condition of Industrial Enterprises: Transition to Predictive Analytics // Regional Economics: Theory and Practice. 2023. Vol. 21, no. 6. pp. 1089–1104.
6. Lukasevich I. Ya. Assessing the Effectiveness of Financial Management: Problems and Prospects of Scenario Analysis // Finance and Credit. 2024. no. 1. pp. 34–56.
7. Makeev A. E. Practice of Applying Stress Testing in Russian Vertically Integrated Holdings // Moscow University Economics Bulletin. 2023. no. 2. pp. 15–22.
8. Nikitina V. V., Mikhailova A. A. Financial Risks of Corporations in Conditions of Macroeconomic Instability // Journal of the New Economic Association. 2022. no. 4 (56). pp. 182–188.
9. Orlova A. F., Sopilko N. Yu., Kuznetsov A. A. Sustainable Development: Evolution of Assessment Approaches // Economy and Entrepreneurship. 2018. no. 5(94). pp. 156–159.
10. Petrov V. A. Controlling Tools in Financial Resilience Management // Innovations and Investments. 2021. no. 10. pp. 88–93.
11. Sokolov I. A. Problems and Prospects of Integrating Risk Assessment into the Corporate Investment Process // Economic Development of Russia. 2025. Vol. 32, no. 2. pp. 40–49.
12. Sopilko N. Yu., Spilnichenko V. K. Strategic management in the context of ensuring national economic security // Economics and management: problems, solutions. 2024. vol. 4. no. 5(146). pp. 33–41. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.04.005.
13. Fedorova E. A. Modeling the Probability of Bankruptcy of Russian Enterprises: Industry Aspect // Economic Analysis: Theory and Practice. 2023. Vol. 22, no. 2. pp. 312–328.
14. Shash N. N. Indicators of Debt Burden Assessment in the Implementation of Investment Programs // Management Consulting. 2022. no. 8. pp. 77–89.
15. Iashina N. I., Iashin S. N. Methodology for Assessing the Effectiveness of Financial Strategy Taking into Account Risk Factors // Corporate Finance. 2023. Vol. 17, no. 2. pp. 31–48.
16. Altman E. I., Hotchkiss E. Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
17. Merton R. C. On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates // Journal of Finance. 1974. Vol. 29, No. 2. pp. 449–470.

Математические модели глобального экономического развития в многополярном мире: обзор подходов и перспективы методологического синтеза

Агеенко Илья Юрьевич
аспирант, факультет информационных технологий, Университет «Синергия», Agee-ilja@mail.ru

В обзоре систематизированы математические модели мирового экономического развития и оценена их пригодность для описания многополярности. Рассмотрены шесть классов моделей, от неоклассического и эндогенного роста до сетевых, теоретико-игровых и прикладных моделей фрагментации. Показано, что многополярность трактуется как экзогенный вход, а не эндогенный исход. Выявлены дефициты аппарата и обоснованы направления его развития, обеспечивающие эндогенность центров силы, коалиций и институтов.
Ключевые слова: математическое моделирование, мировая экономика, многополярность, экономический рост, теория игр.

Введение

Трансформация мирового хозяйства, наблюдаемая на протяжении последних двух десятилетий, все чаще описывается в категориях многополярности: вместо единого центра накопления капитала и технологического лидерства формируется несколько относительно автономных макрорегиональных полюсов, между которыми распределяются производственные цепочки, финансовые потоки и компетенции. Этот процесс сопровождается избирательным сжатием торговых связей, переориентацией инвестиций, формированием альтернативных платежных систем и расчетных валют, а также политически мотивированным ограничением трансфера технологий. В аналитической литературе соответствующий комплекс явлений получил название геоэкономической фрагментации [7; 9; 13], и его макроэкономические последствия, от потерь благосостояния до перестройки траекторий долгосрочного роста, стали предметом интенсивного изучения.

Вместе с тем теоретический инструментарий, которым располагает экономическая наука для количественного описания глобального развития, складывался в иную эпоху и под иные задачи. Канонические модели экономического роста, международной торговли и мировой динамики формировались в условиях, когда мировое хозяйство мыслилось либо как единая агрегированная система, либо как совокупность симметричных, политически нейтральных экономик, связанных потоками товаров и знаний. Многополярность с присущими ей асимметрией силы, стратегическим взаимодействием центров и эндогенным формированием коалиций оказывается за пределами несущих предпосылок большинства этих моделей. Возникает разрыв между предметом (многополярным мировым хозяйством) и средствами его формального описания.

Цель обзора — систематизировать и критически проанализировать математические модели глобального экономического развития под углом их пригодности для описания многополярного мира, выявить методологический разрыв и обосновать направления развития инструментария. Соответственно решаются три задачи: охарактеризовать основные классы моделей; оценить для каждого, какие аспекты многополярности он воспроизводит, а какие остаются вне его границ; обобщить ограничения в целостную картину разрыва и предложить программу синтеза.

Объектом обзора выступают математические модели мирового экономического развития, предметом — их способность отображать многополярную структуру мирового хозяйства. Методологической основой служит сравнительно-аналитический обзор: источники отбирались по основополагающему характеру для соответствующего класса моделей и по релевантности проблематике фрагментации, с охватом от классических постановок задачи роста до прикладных исследований размежевания 2020-х годов. Модели рассматриваются не изолированно, а как звенья единой эволюции, где каждый последующий класс отвечает на ограничения предыдущего; изложение идет от агрегированных моделей роста к пространственным, планетарным, вычислимым и, наконец, к сетевым и теоретико-игровым конструкциям.

Научная новизна обзора состоит в том, что разрозненные классы моделей впервые рассматриваются через единый диагностический критерий (степень эндогенности многополярной структуры) и сводятся к системному перечню дефицитов, на основе которого формулируется интегрированная программа развития инструментария, связывающая отечественную традицию математической экономики [1; 2; 4] с современными международными разработками. Научно-практическая значимость определяется тем, что адекватный модельный аппарат необходим для обоснования решений в области управления национальным экономическим развитием и внешнеэкономической политикой в условиях, когда конфигурация мирового хозяйства становится управляемым стратегическим параметром, а не внешней данностью.

1. Неоклассические модели роста как отправная точка

Фундамент современной теории экономического роста образует неоклассическая модель Солоу — Свана [26], в которой выпуск описывается агрегированной производственной функцией с постоянной отдачей от масштаба и убывающей предельной производительностью факторов:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \quad (1)$$

а динамика капиталовооруженности в расчете на единицу эффективного труда $k = K/(AL)$ подчиняется уравнению

$$\dot{k} = s\,f(k) - (n + \delta)k \quad (2)$$

где s — норма сбережения, n — темп прироста населения, δ — норма выбытия капитала, A — экзогенный уровень технологии. Долгосрочный темп роста выпуска на душу населения определяется исключительно экзогенным технологическим прогрессом, а экономика сходится к единственной сбалансированной траектории. Оптимизационная версия модели (задача Рамсея — Касса — Купманса [10; 24]) заменяет постоянную норму сбережения межвременной максимизацией полезности репрезентативного домохозяйства, что приводит к условию Эйлера

$$\dot{c}/c = (1/\theta)\cdot(f'(k) - \rho - \delta) \quad (3)$$

где θ — обратная величина межвременной эластичности замещения, ρ — норма дисконтирования (при $\rho > 0$ и выполнении условия трансверсальности); в отличие от модели Солоу, норма сбережения здесь эндогенна. Сила этого класса моделей состоит в аналитической прозрачности и в четком предсказании условной конвергенции: при прочих равных условиях бедные экономики растут быстрее богатых.

Однако несущие предпосылки неоклассической модели делают ее непригодной для описания многополярности. Мир здесь представлен либо одной репрезентативной экономикой, либо совокупностью независимых «солоувских» хозяйств, связанных лишь общей технологией: единственный центр роста и единственное устойчивое состояние не оставляют места для соперничества нескольких полюсов. Технология трактуется как общедоступное благо, что исключает понятие технологического разрыва, контролируемого распространения знаний или политически обусловленного ограничения трансфера. Конвергенция, центральное предсказание модели, в многополярном мире регулярно нарушается: устойчивое расхождение групп стран и «клубы конвергенции» свидетельствуют о множественности равновесий, недоступной агрегированной односекторной модели. Историческая роль этого класса как точки отсчета несомненна. Отметим также, что отечественная традиция математической экономики, восходящая к работам Л. В. Канторовича по оптимальному использованию ресурсов [3], изначально акцентировала задачи оптимального распределения, а не агрегированного роста, предвосхищая интерес к структурным и многорегиональным постановкам.

2. Эндогенный рост и множественность траекторий развития

Модели эндогенного роста возникли как ответ на ключевое ограничение неоклассической схемы: экзогенность технологического прогресса. Интернализируя технические изменения через накопление человеческого капитала [20], целенаправленные исследования и разработки [25] и механизм созидательного разрушения [6], этот класс объясняет устойчивый долгосрочный рост и, что особенно важно для нашей проблематики, стойкое расхождение траекторий разных экономик. Простейшая «AK-модель», которую следует понимать как редуцированную форму, иллюстрирует логику отказа от убывающей отдачи:

$$Y = AK,\ g = \dot{Y}/Y = sA - \delta \quad (4)$$

где темп роста g зависит от структурных параметров и не затухает. Принципиально важно, что Гроссман и Хелпман [15] прямо помещают инновации в контекст глобальной экономики, где рост опосредуется торговлей и международными перетоками знаний; тем самым делается концептуальный шаг к описанию множественных центров развития.

Тем не менее стандартная формулировка эндогенного роста остается симметричной и политически нейтральной. Полюса различаются значениями параметров (интенсивностью исследований, запасом человеческого капитала), но не сознательной стратегией, не членством в коалициях и не способностью исключать соперников из потоков знаний. Даже в постановке [15] международные перетоки знаний предполагаются симметричными и беспрепятственными, поэтому аппарат не отображает технологическое размежевание, санкционные ограничения на передачу знаний или возникновение конкурирующих инновационных систем, а ведь именно эти явления составляют ядро многополярного порядка. Способность объяснить расхождение траекторий приближает эндогенный рост к проблематике многополярности, однако асимметрия силы и стратегическое измерение остаются за рамками аппарата.

3. Модели международной торговли и новая экономическая география: пространственная асимметрия

Если модели роста оперируют преимущественно агрегированной или симметричной картиной мира, то теория международной торговли и новая экономическая география вводят в анализ пространство, множественность регионов и асимметрию их положения. Аппарат монополистической конкуренции Диксита — Стиглица [11] стал общей основой для целого семейства конструкций. Модель Кругмана [19] показала, как взаимодействие возрастающей отдачи, транспортных издержек и мобильности факторов порождает эндогенное разделение пространства на промышленное «ядро» и аграрную «периферию». Полученный результат концептуально близок к идее экономических полюсов. Модель Мелица [22] ввела гетерогенность фирм по производительности и объяснила, почему открытие торговли перераспределяет ресурсы в пользу наиболее эффективных производителей. Рикардианская модель Итона — Кортума [12] и структурная гравитационная модель Андерсона — ван Винкопа [8] придали анализу торговых потоков строгую и эмпирически оцениваемую форму. Гравитационное уравнение в его структурной записи

$$X_{ij} = (Y_i \cdot Y_j / Y_W)\cdot(\tau_{ij} / (\Pi_i \cdot P_j))^{(1-\sigma)} \quad (5)$$

где X_{ij} — объем двусторонней торговли, τ_{ij} — торговые издержки, Π_i и P_j — индексы «многосторонней сопротивляемости», σ — эластичность замещения, прямо связывает структуру торговли с системой барьеров и потому представляется наиболее естественным кандидатом для количественной оценки фрагментации.

Именно этот класс обладает наибольшим потенциалом для описания пространственной асимметрии многополярного мира. Многострановые версии этих моделей (в особенности модель Итона — Кортума [12]) допускают асимметрию полюсов по производительности и географии; ограничение состоит не в невозможности асимметрии, а в экзогенности самих барьеров, блоков и их границ. Аппарат позволяет измерить потери благосостояния от *заданной* конфигурации фрагментации, но не объясняет, почему формируются блоки, как коалиции договариваются о правилах обмена и как санкции и геополитические предпочтения перестраивают матрицу издержек. Многополярность остается здесь входным сценарием, задаваемым извне, а не равновесным исходом: мы располагаем средством оценки последствий уже сложившейся структуры полюсов, но не теорией ее возникновения.

4. Глобальная динамика и мир-системный анализ: планетарный уровень

Параллельно с теорией роста и торговли развивалась традиция, берущая в качестве единицы анализа всю планету. Системно-динамические модели мировой динамики, прежде всего доклад «Пределы роста» [21], описали глобальное хозяйство как систему контуров обратной связи, связывающих население, капитал, ресурсы и загрязнение, и поставили вопрос о физических границах роста. Особое место занимает мир-системный анализ И. Валлерстайна [27], выстроенный вокруг иерархии «ядро — полупериферия — периферия» и потому, в отличие от большинства экономических моделей, изначально асимметричный и насыщенный отношениями власти.

Ограничения этого класса зеркальны по отношению к торговым моделям. Мир-системный анализ богат описанием асимметрии и неравномерности, но остается преимущественно качественным каркасом без оптимизирующих агентов и равновесных концепций. Системно-динамические и интегрированные модели, напротив, формально строги, но агрегируют мир в один-несколько регионов, лишенных стратегического поведения: в них нет ни коалиций, ни геополитики, ни переговоров о структуре мирового хозяйства. Эти конструкции моделируют планетарные обратные связи (ресурсные, экологические, демографические), но не полицентрическую стратегическую конкуренцию. Идея структурной асимметрии оказывается либо математически неоформленной, либо растворенной в агрегированной динамике, не различающей отдельные полюса как стратегических субъектов.

5. Вычислимые и агент-ориентированные модели: вычислительный синтез

Когда аналитические модели достигают пределов разрешимости, на смену приходит вычислительный подход. Многорегиональные вычислимые модели общего равновесия (эталоном служит аппарат проекта GTAP [17]) стали основным инструментом количественной оценки многорегиональных шоков политики, включая сценарии фрагментации торговли; их преимущество заключается в калиброванной, детально дезагрегированной по странам и отраслям реалистичности. Отечественная традиция дополняет инструментарий рядом подходов. Агент-ориентированные модели [1] отказываются от предпосылки репрезентативного агента и воспроизводят макродинамику как эмерджентный результат взаимодействия разнородных субъектов с ограниченной рациональностью. Анализ институциональных ловушек [4] формализует устойчивые неэффективные равновесия, релевантные издержкам перестройки мирохозяйственных связей. Концепция мирохозяйственных укладов [2] увязывает технологические и институциональные сдвиги со сменой вековых циклов накопления и перемещением центров мирового хозяйства, предлагая содержательную, хотя и дискуссионную, концепцию многополярного перехода.

Ограничение вычислимого направления двояко. Магистральные модели общего равновесия исходят из заданных предпочтений и институтов и из концепции конкурентного равновесия: блоки, союзы и санкции входят в них как экзогенные переключатели политики, а не как стратегические исходы. Агент-ориентированные модели снимают часть этих предпосылок, но их верификация остается методологически трудной, а сопоставимость результатов между реализациями ограниченной. В итоге вычислимый синтез приближает нас к реалистичному описанию многополярного мира, но не разрешает центральной проблемы: эндогенизации самой структуры полюсов, коалиций и институтов.

6. Сетевые и теоретико-игровые модели: примитивы многополярности

Наиболее близкими к примитивам многополярности оказываются сетевые и теоретико-игровые модели. Теория экономических и социальных сетей [18] предоставляет именно те первичные понятия, которых недостает предыдущим классам: узлы как центры силы, связи как отношения торговли, финансов и союзничества, структуры коалиций и переговорной силы, а также механизмы распространения шоков по асимметричной топологии. Работа Аджемоглу и соавторов [5] показала, что структура межотраслевых и межстрановых связей сама по себе порождает агрегированные колебания. Этот результат демонстрирует, что топология взаимозависимостей есть самостоятельный фактор макродинамики, а не нейтральный фон. Прикладная литература последних лет переводит проблематику многополярности на язык количественных оценок: аналитика Международного валютного фонда систематизирует каналы и сценарии геоэкономической фрагментации [7] и оценивает ее проявления в торговле сырьевыми товарами [9], а исследование Всемирной торговой организации [13] строит многорегиональную модель общего равновесия с динамической диффузией знаний для оценки потерь от размежевания.

Сильная сторона этой группы в том, что она берет многополярность непосредственно в качестве предмета изучения. Ее ограничение состоит во фрагментарности корпуса знаний: сетевая и коалиционная теория остается преимущественно абстрактной и редко доводится до эмпирически калиброванных приложений, а прикладные симуляции «навешивают» геополитические сценарии на аполитичные вычислимые ядра, где число полюсов, их коалиции, валютно-торговые блоки и санкционные режимы по-прежнему задаются извне. Необходимые компоненты (асимметричные центры силы, эндогенные связи, коалиционная динамика) присутствуют в литературе порознь, но не собраны в единую, динамическую и поддающуюся оцениванию конструкцию. Эта несобранность и составляет, на наш взгляд, главный методологический вызов.

7. Методологический разрыв и направления развития математического инструментария

Таблица 1

Классы математических моделей мирового развития и их ограничения в описании многополярности

Класс моделей	Что моделирует	Ключевая предпосылка	Чего не отражает применительно к многополярности	Представители
1. Неоклассический рост	Долгосрочный рост через накопление капитала	Экзогенная технология; единственное равновесие	Множественность центров, стратегию, отношения власти	[10; 24; 26]
2. Эндогенный рост	Рост через знания, ИР, человеческий капитал	Симметричные агенты; беспрепятственная диффузия знаний	Декаплинг, контроль над знаниями, коалиции	[6; 15; 20; 25]
3. Торговля и новая экономическая география	Пространственную асимметрию, торговые потоки	Экзогенные торговые издержки и границы	Эндогенное формирование блоков и санкций	[8; 11; 12; 19; 22]
4. Глобальная динамика и мир-системный анализ	Планетарные обратные связи, иерархию	Агрегирование мира; отсутствие оптимизирующих агентов (либо неформальность)	Полицентрическую стратегическую конкуренцию	[21; 27]
5. Вычислимые и агент-ориентированные модели	Многорегиональные шоки, эмерджентность	Заданные институты; союзы и санкции экзогенны	Эндогенность институтов и коалиций	[1; 2; 4; 17]
6. Сетевые и теоретико-игровые модели	Узлы-центры, связи, коалиции, распространение шоков	Абстрактность либо сценарная экзогенность блоков	Единую динамическую оцениваемую конструкцию	[5; 7; 9; 13; 18]

Результаты проведенного анализа удобно свести в сопоставительную таблицу (таблица 1), которая для каждого класса фиксирует предмет моделирования, несущую предпосылку, отображаемый аспект многополярности и принципиальное ограничение.

Проведенный обзор позволяет сформулировать общий диагноз: во всех шести классах многополярность трактуется как *экзогенный вход*, а не как *эндогенный равновесный исход*. Модели роста (классы 1–2) располагают единственным центром роста и симметричными агентами; торгово-географический аппарат (класс 3) оценивает последствия заданной фрагментации, но не объясняет возникновения блоков; планетарные модели (класс 4) либо формально агрегированы и аполитичны, либо политически насыщены, но математически неоформлены; вычислимые и агент-ориентированные модели (класс 5) включают множество регионов, но удерживают институты, союзы и санкции фиксированными; сетевая и теоретико-игровая литература (класс 6) дает верные примитивы и вопросы, но не интегрированную, динамическую и оцениваемую конструкцию.

Сводя воедино частные ограничения, можно выделить пять системных дефицитов существующего инструментария. *Первый* — симметрия агентов там, где многополярность требует асимметричных полюсов с различной силой и неодинаковой способностью устанавливать правила. *Второй* — экзогенность торговых издержек, союзов и санкций там, где они должны быть стратегическим выбором. *Третий* — отсутствие механизма формирования коалиций и переговоров об архитектуре мирового хозяйства. *Четвертый* — статическая или детерминированная динамика там, где многополярный переход носит стохастический и режим-переключающий характер: эскалация, размежевание, перегруппировка. *Пятый* — устойчивый разрыв между формально строгой, но аполитичной и политически содержательной, но математически неформальной традициями. Ни одна из существующих конструкций не обеспечивает одновременно множественность эндогенных центров силы, стратегическую и институциональную эндогенность и эмпирическую калибруемость.

Очерченная картина была бы неполной без указания на смежные классы, оставленные за рамками основного изложения, но релевантные тезису о несобранности инструментария. Новая открытая макроэкономика вводит двустороннее стратегическое взаимодействие денежных властей и ценообразование в доминирующей валюте [14]; теория торговли задачами описывает фрагментацию производственного процесса [16]; теория оптимальных валютных зон задает логику издержек и выгод валютных объединений [23]; модели перекрывающихся поколений, эволюционная динамика и реальные опционы добавляют инструменты межпоколенческого анализа, отбора стратегий и необратимых решений при неопределенности. Каждый из этих подходов закрывает лишь часть выявленного разрыва, что не опровергает, а подкрепляет вывод о наличии необходимых компонентов при отсутствии их интегрированного синтеза.

На основе этого диагноза предлагается программа синтеза из шести взаимосвязанных направлений развития математических моделей.

Полицентрическое равновесие. Аппарат типа Итона — Кортума, Мелица и структурной гравитации (класс 3) целесообразно расширить до нескольких явно *асимметричных* центров с блоко-специфическими барьерами, так чтобы само равновесие демонстрировало множественность ядер, а не единственное «ядро — периферию». Формально это означает переход от заданной матрицы издержек τ_{ij} к ее зависимости от структуры коалиций.

Сетевые и коалиционные игры. Опираясь на теорию сетей [18] и результаты о сетевых истоках агрегированных колебаний [5], следует сделать союзы, торгово-финансовые связи и переговорную силу *эндогенными*, используя концепции устойчивости (ядро, равновесие Нэша, дальновидно устойчивые коалиции) для определения того, какие полицентрические конфигурации сохраняются. Схематически: для множества полюсов $i \in N$, допустимого разбиения на коалиции C и порождаемой им матрицы барьеров каждый полюс располагает благосостоянием $W_i(C)$. Конфигурация C∗ устойчива (в смысле, близком к ядру кооперативной игры), если ни одна коалиция $S \subseteq N$ не имеет допустимого отклонения C′, одновременно улучшающего положение всех своих участников:

$$\neg \exists\, S \subseteq N,\ C' : W_i(C') > W_i(C*) \text{ для всех } i \in S. \quad (6)$$

Именно эндогенное определение C∗ через отсутствие выгодных коалиционных отклонений, а не сценарное задание блоков, и отличает предлагаемый подход; выбор конкретной концепции устойчивости (ядро, парная или дальновидная устойчивость) определяет, какие полицентрические конфигурации признаются равновесными.

Многорегиональные агент-ориентированные модели. Архитектуру «агенты плюс общее равновесие» [1] целесообразно развить в мировую модель, где фирмы, государства и блоки взаимодействуют в условиях ограниченной рациональности, а фрагментация возникает «снизу вверх» как эмерджентный исход, а не вводится постулативно.

Эндогенное формирование валютных и торговых блоков. Выбор валюты выставления счетов, платежной инфраструктуры и членства в блоке естественно моделировать как задачу стратегического формирования сети, связывая торгово-географический аппарат с проблематикой валютной многополярности; теоретической опорой здесь служат логика доминирующей валюты [14] и теория оптимальных валютных зон [23], а декомпозиция производства на торгуемые задачи [16] позволяет связать эту проблематику с перестройкой цепочек создания стоимости.

Модели с эндогенными институтами и санкциями. Логику институциональной динамики [4] и концепцию мирохозяйственных укладов [2] следует соединить с оптимизирующими агентами, так чтобы санкции, размежевание и смена институциональных режимов выступали стратегическими исходами, а не экзогенными переключателями; тем самым каналы фрагментации, выделенные в прикладной литературе [7; 13], получают теоретическое микрообоснование.

Стохастическая динамика со сменой режимов. Эскалацию, фрагментацию и перегруппировку целесообразно представить как переходы в марковской модели со сменой режимов или в стохастической игре, что позволит описывать *вероятностную траекторию* многополярного перехода, а не единственный детерминированный сценарий. При оценке количественных эффектов недостающие параметры следует рассматривать как подлежащие калибровке по эмпирическим данным.

Перечисленные направления не изолированы: полицентрическое равновесие задает статическую основу, коалиционные игры и эндогенные институты вводят стратегическое и институциональное измерения, агент-ориентированные модели обеспечивают вычислительную реализацию, а стохастическая динамика — описание перехода во времени. Эндогенизация числа полюсов и коалиций делает множественность равновесий внутренним свойством задачи, поэтому неотъемлемой частью программы становится аппарат отбора равновесий и решение проблем идентификации и оценивания при возросшей размерности модели.

Заключение

Проведенный обзор показывает, что накопленный инструментарий, при всей его аналитической мощи, складывался для описания мира, который мыслился либо единым и агрегированным, либо состоящим из симметричных, политически нейтральных экономик. Многополярность с присущими ей асимметрией силы, стратегическим взаимодействием центров и эндогенным формированием коалиций и институтов систематически выходит за пределы несущих предпосылок этих моделей. Каждый из рассмотренных классов вносит необходимый, но недостаточный вклад, однако ни один не обеспечивает их одновременного и эндогенного соединения.

Основной вывод обзора состоит в том, что развитие математических моделей мирового хозяйства в условиях многополярности требует не частных модификаций, а целенаправленного методологического синтеза, в центре которого находится эндогенизация числа полюсов, их коалиций, валютно-торговых блоков и институционально-санкционных режимов. Предложенные шесть направлений образуют, на наш взгляд, согласованную программу такого синтеза.

Сложность реализации этой программы не следует недооценивать: эндогенизация стратегического и институционального измерений резко повышает размерность задач и обостряет проблемы существования, единственности и отбора равновесия, идентификации и эмпирической верификации. Тем не менее именно здесь лежит наиболее перспективная траектория развития инструментария, а его результаты значимы для управления национальным экономическим развитием в меняющейся архитектуре мирового хозяйства. Дальнейшие исследования автора предполагают формализацию модели полицентрического равновесия с эндогенными коалициями и ее эмпирическую калибровку, для которой настоящий обзор служит концептуальным и методологическим основанием.

Литература

1. Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. М. : Экономика, 2008. 279 с.
2. Глазьев С. Ю. Мирохозяйственные уклады в глобальном экономическом развитии // Экономика и математические методы. 2016. Т. 52, № 2. С. 3–29.
3. Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М. : Изд-во АН СССР, 1959. 344 с.
4. Полтерович В. М. Институциональные ловушки и экономические реформы // Экономика и математические методы. 1999. Т. 35, № 2. С. 3–20.
5. Acemoglu D., Carvalho V. M., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. The Network Origins of Aggregate Fluctuations // Econometrica. 2012. Vol. 80, no. 5. P. 1977–2016.
6. Aghion P., Howitt P. A Model of Growth through Creative Destruction // Econometrica. 1992. Vol. 60, no. 2. P. 323–351.
7. Aiyar S., Chen J., Ebeke C. et al. Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism. IMF Staff Discussion Note SDN/2023/001. Washington, DC : International Monetary Fund, 2023. 41 p.
8. Anderson J. E., van Wincoop E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle // American Economic Review. 2003. Vol. 93, no. 1. P. 170–192.
9. Bolhuis M. A., Chen J., Kett B. Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities. IMF Working Paper WP/2023/073. Washington, DC : International Monetary Fund, 2023. 38 p.
10. Cass D. Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation // Review of Economic Studies. 1965. Vol. 32, no. 3. P. 233–240.
11. Dixit A. K., Stiglitz J. E. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity // American Economic Review. 1977. Vol. 67, no. 3. P. 297–308.
12. Eaton J., Kortum S. Technology, Geography, and Trade // Econometrica. 2002. Vol. 70, no. 5. P. 1741–1779.
13. Góes C., Bekkers E. The Impact of Geopolitical Conflicts on Trade, Growth, and Innovation. WTO Staff Working Paper ERSD-2022-9. Geneva : World Trade Organization, 2022. 51 p.
14. Gopinath G., Boz E., Casas C., Díez F. J., Gourinchas P.-O., Plagborg-Møller M. Dominant Currency Paradigm // American Economic Review. 2020. Vol. 110, no. 3. P. 677–719.
15. Grossman G. M., Helpman E. Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge, MA : MIT Press, 1991. 359 p.
16. Grossman G. M., Rossi-Hansberg E. Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring // American Economic Review. 2008. Vol. 98, no. 5. P. 1978–1997.
17. Hertel T. W. (ed.). Global Trade Analysis: Modeling and Applications. Cambridge : Cambridge University Press, 1997. 403 p.
18. Jackson M. O. Social and Economic Networks. Princeton, NJ : Princeton University Press, 2008. 504 p.
19. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography // Journal of Political Economy. 1991. Vol. 99, no. 3. P. 483–499.
20. Lucas R. E. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22, no. 1. P. 3–42.
21. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. III. The Limits to Growth. New York : Universe Books, 1972. 205 p.
22. Melitz M. J. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity // Econometrica. 2003. Vol. 71, no. 6. P. 1695–1725.
23. Mundell R. A. A Theory of Optimum Currency Areas // American Economic Review. 1961. Vol. 51, no. 4. P. 657–665.
24. Ramsey F. P. A Mathematical Theory of Saving // Economic Journal. 1928. Vol. 38, no. 152. P. 543–559.
25. Romer P. M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98, no. 5, pt. 2. P. S71–S102.
26. Solow R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics. 1956. Vol. 70, no. 1. P. 65–94.
27. Wallerstein I. The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. New York : Academic Press, 1974. 410 p.

Mathematical Models of Global Economic Development in a Multipolar World: A Review of Approaches and Prospects for Methodological Synthesis

Ageenko Il.Yu.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The review systematizes mathematical models of world economic development and assesses their adequacy for representing multipolarity. Six model classes are examined, from neoclassical and endogenous growth to network, game-theoretic, and applied fragmentation models. Multipolarity is shown to be treated as an exogenous input rather than an endogenous outcome. Deficiencies of the toolkit are identified, and directions are substantiated to endogenize the centers of power, coalitions, and institutions.

Keywords: mathematical modeling, world economy, multipolarity, economic growth, game theory

References

1. Bakhtizin A. R. *Agent-orientirovannye modeli ekonomiki* [Agent-based models of the economy]. Moscow, Ekonomika Publ., 2008. 279 p. (In Russ.).
2. Glazyev S. Yu. World economic structures in global economic development. *Ekonomika i matematicheskie metody* = Economics and Mathematical Methods, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 3–29. (In Russ.).
3. Kantorovich L. V. *Ekonomicheskiy raschet nailuchshego ispol'zovaniya resursov* [The best use of economic resources]. Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1959. 344 p. (In Russ.).

4. Polterovich V. M. Institutional traps and economic reforms. *Ekonomika i matematicheskie metody* = Economics and Mathematical Methods, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 3–20. (In Russ.).
5. Acemoglu D., Carvalho V. M., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. The Network Origins of Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 2012, vol. 80, no. 5, pp. 1977–2016.
6. Aghion P., Howitt P. A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 1992, vol. 60, no. 2, pp. 323–351.
7. Aiyar S., Chen J., Ebeke C. et al. *Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism*. IMF Staff Discussion Note SDN/2023/001. Washington, DC, International Monetary Fund, 2023. 41 p.
8. Anderson J. E., van Wincoop E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, 2003, vol. 93, no. 1, pp. 170–192.
9. Bolhuis M. A., Chen J., Kett B. *Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities*. IMF Working Paper WP/2023/073. Washington, DC, International Monetary Fund, 2023. 38 p.
10. Cass D. Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies*, 1965, vol. 32, no. 3, pp. 233–240.
11. Dixit A. K., Stiglitz J. E. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, 1977, vol. 67, no. 3, pp. 297–308.
12. Eaton J., Kortum S. Technology, Geography, and Trade. *Econometrica*, 2002, vol. 70, no. 5, pp. 1741–1779.
13. Góes C., Bekkers E. *The Impact of Geopolitical Conflicts on Trade, Growth, and Innovation*. WTO Staff Working Paper ERSD-2022-9. Geneva, World Trade Organization, 2022. 51 p.
14. Gopinath G., Boz E., Casas C., Díez F. J., Gourinchas P.-O., Plagborg-Møller M. Dominant Currency Paradigm. *American Economic Review*, 2020, vol. 110, no. 3, pp. 677–719.
15. Grossman G. M., Helpman E. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA, MIT Press, 1991. 359 p.
16. Grossman G. M., Rossi-Hansberg E. Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring. *American Economic Review*, 2008, vol. 98, no. 5, pp. 1978–1997.
17. Hertel T. W. (ed.). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1997. 403 p.
18. Jackson M. O. *Social and Economic Networks*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 2008. 504 p.
19. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 1991, vol. 99, no. 3, pp. 483–499.
20. Lucas R. E. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, vol. 22, no. 1, pp. 3–42.
21. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. III. *The Limits to Growth*. New York, Universe Books, 1972. 205 p.
22. Melitz M. J. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity. *Econometrica*, 2003, vol. 71, no. 6, pp. 1695–1725.
23. Mundell R. A. A Theory of Optimum Currency Areas. *American Economic Review*, 1961, vol. 51, no. 4, pp. 657–665.
24. Ramsey F. P. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal*, 1928, vol. 38, no. 152, pp. 543–559.
25. Romer P. M. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 1990, vol. 98, no. 5, pt. 2, pp. S71–S102.
26. Solow R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 1956, vol. 70, no. 1, pp. 65–94.
27. Wallerstein I. *The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century*. New York, Academic Press, 1974. 410 p.

Сегментация образовательных данных студентов по набору валидационных метрик

Стамплевская Мария Максимовна
студент, факультет МЭО, д-р техн. н., проф. каф. математики и анализа данных, stamplevskayam@gmail.com,

Владова Алла Юрьевна
кафедра математики и больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ayvladova@fa.ru

В статье представлены результаты сравнительного анализа четырех методов машинного обучения: k-means, иерархической кластеризации, DBSCAN и гауссовых смесей (GMM) - для анализа образовательных данных. Исследование направлено на сегментацию студентов на группы со схожими профилями академической активности и успеваемости.

Цель исследования - сегментировать оценки студентов по показателям академической успеваемости за счет метода кластеризации, демонстрирующего наилучшее качество по совокупности валидационных метрик.

Материалы и методы. Исследование выполнено на многолетнем наборе данных об академической активности студентов по четырем математическим дисциплинам, читаемым на первом и втором курсах бакалавриата. Проведена верификация данных, обработка пропущенных значений, масштабирование и кластеризация. Качество кластеризации оценено по метрикам индекса силуэта, Калински–Харабаша, Дэвиса–Булдина и Данна.

Результаты. Все тестируемые методы сегментировали образовательные данные по трем кластерам с высокой, средней и низкой успеваемостью. Лучший интегральный показатель качества кластеризации продемонстрировали методы иерархической кластеризаций и k-средних, причем метод k-средних показал лучшие значения по двум индексам, а метод иерархической кластеризации продемонстрировал лучшее значение индекса Данна. Метод DBSCAN, показавший низкое значение интегральной метрики, эффективно выявил локальные аномалии, характеризующие нестандартное академическое поведение студентов. Многокритериальный анализ показал парето-фронт, включающий три из четырёх метода кластеризации.

Заключение. Результаты исследования подтверждают практическую ценность методов кластеризации для анализа образовательных данных. k-средних и иерархическая кластеризация являются наиболее сбалансированными методами для сегментации студентов на крупные, интерпретируемые группы. DBSCAN решает специфическую задачу выявления нишевых групп и аномалий. Комплексное применение этих методов предоставляет инструментарий для диагностики и поддержки принятия решений в управлении учебным процессом.

Ключевые слова: кластеризация, академическая успеваемость, k-средних, иерархическая кластеризация, DBSCAN, гауссовы смеси, оценка качества кластеризации, анализ образовательных данных.

Введение

Актуальность исследования обусловлена растущей потребностью в инструментах для автоматизированного анализа успеваемости и раннего выявления академических рисков. Современная цифровая образовательная платформа содержит значительные объемы данных, включающих информацию о результатах студентов. Анализ этих данных методами машинного обучения позволяет перейти от обобщенного статистического подхода к персонализированному, выявляя скрытые закономерности и группы студентов со схожими образовательными траекториями. Одним из ключевых инструментов решения этой проблемы является кластеризация. Различные методы (центроидные, иерархические, плотностные, вероятностные) требуют проведения сравнительного анализа для эффективной кластеризации специфических данных. Цель исследования - сегментировать оценки студентов по показателям академической успеваемости за счет метода кластеризации, демонстрирующего наилучшее качество по совокупности валидационных метрик. Для достижения цели поставлены следующие задачи: провести анализ литературы для выбора методов кластеризации данных; выполнить предобработку данных, включая отбор признаков, обработку пропусков и масштабирование; реализовать выбранные методы кластеризации на предобработанных данных с параметрами, обеспечивающими сопоставимость результатов; оценить качество кластеризации с использованием набора валидационных метрик (силуэта, Калински–Харабаша, Дэвиса–Булдина, Dunn).

Научная новизна работы заключается в сегментации образовательных данных со схожим академическим поведением и отличается от известных тем, что на первом этапе отбираются релевантные признаки академической активности, обрабатываются пропуски и масштабируются данные в заданный диапазон, на втором этапе данные сегментируются с содержательной интерпретацией кластеров и интегральной оценкой их качества.

Обзор литературы

Обзор литературы показал, что кластеризация активно применяется при выявлении групп академического риска и персонализации обучения. Статья и обзор [1, 2] прогнозируют итоговые оценки по промежуточным тестам и вступительным баллам. Авторы статьи [3] повышают точность прогнозов за счет применения регрессионных моделей внутри кластеров. В работе [4] использован алгоритм k-means для группировки пользователей, изучающих нескольких языков, в то время как в исследовании [5] применили тот же алгоритм для выявления студентов с низкой вовлеченностью.

Вопросы выбора и валидации метрик качества кластеризации подробно рассматриваются в ряде работ: [6] сравнивает индексы силуэта и Дэвиса–Булдина, отмечая компромисс между точностью и вычислительной сложностью; [7] дополняет набор метрик индексами Данна и Калински–Харабаша. Для данных с неоднородной плотностью предложен гибридный алгоритм MCDBSCAN [8], а задачи кластеризации специфичных наборов признаков (последовательности, строковые метрики) обсуждаются в контексте модификаций, таких как k-means++ и выборе метрики расстояния [9, 10]. В условиях ограниченного финансирования вузов и растущей роли интеллектуального капитала эти подходы повышают ценность инструментов, позволяющих идентифицировать и адресно поддерживать разные когорты студентов [12–14]. Для оценки эффекта программ поддержки, назначаемых по результатам сегментации студентов, предложены подходы [11, 16].

Таким образом, выделены три тенденции: комбинирование моделей и расширение признакового пространства улучшает прогнозы; выбор метрик и методов валидации критичен для интерпретируемости кластеризации; адаптивные и гибридные алгоритмы эффективны при неоднородности данных.

Основная часть

В *таблице 1* представлен фрагмент исходных данных об успеваемости студентов, содержащий идентификаторы участников (хеш), информацию о принадлежности к учебным группам и результаты образовательной деятельности. Данные включают итоговую оценку за курс, оценки за выполнение домашних заданий (Тест:ДЗ-1) и тесты, при этом в таблице присутствуют пропущенные значения, обозначенные дефисами.

Таблица 1

Фрагмент данных успеваемости студентов

Хеш студента	Участник групп	Оценка за курс	Тест: Корреляция	Тест:Оптимальность
D0E7992E91	ФФ21-1	67	1	-
2DC076E03B	ФФ21-19	-	-	-
01D3D1D74E	ФФ21-2БФСС21-1	65,9	1	0,3
A60F72A5E6E	ФФ21-3ФРФТ21-2	42,81	1	0,5
2898E037FB0C	ЛОГ21-1	10,8	-	-
F8B1036972372	МЕН21-1	59,1	1	-

Исходные данные при подготовке к кластеризации прошли следующую обработку: фильтрация и верификация числовых столбцов, преобразование к числовому формату с заменой пропущенных значений на нули, масштабирование для обеспечения сопоставимости признаков. В *таблице 2* представлена статистика выполнения трех типов заданий: домашних работ, контрольной и тестов.

Таблица 2

Статистика выполнения учебных заданий

Тип данных	Количество	Средний балл	Медиана	Средний % пропусков
Домашнее задание	7	77,1	96	46,86
Контрольная работа	1	49,7	55	12,82
Тест	32	14,19	15,15	80,72

Контрольная работа в конце курса имеет приемлемый процент пропусков и показывает медианную оценку на уровне 55 баллов.

Метод k-means реализован в рамках сравнительного исследования методов кластеризации образовательных данных. Перед применением алгоритма выполнена комплексная подготовка данных, включающая отбор релевантных признаков успеваемости студентов, преобразование в числовой формат, удаление пропущенных значений и обязательное масштабирование признаков. Для определения оптимального количества кластеров k применен метод локтя с использованием функции kmeans() языка программирования R (*рис. 1*). Для этого вычислена сумма квадратов внутрикластерных расстояний (Within-Cluster Sum of Squares, WSS) для k от 1 до 10.

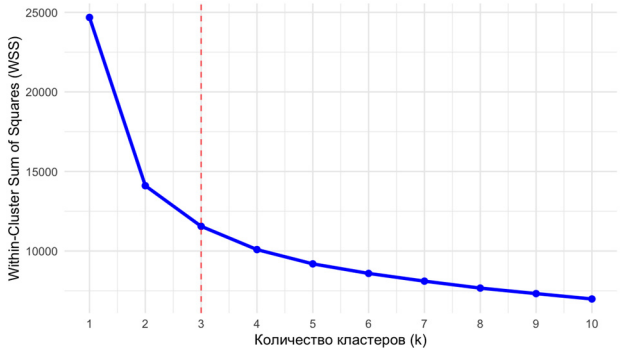


Рис. 1. Кривая определения оптимального количества кластеров

Наиболее выраженный изгиб наблюдается при разделении данных на три кластера. Дальнейшее увеличение количества кластеров не приводит к существенному уменьшению WSS. Результаты кластеризации (*рис. 2*) показали формирование двух крупных групп со средними оценками 44.1 и 44.9 баллов (595 и 1047 студентов соответственно) и одной группы с повышенной успеваемостью (827 студентов, средняя оценка 60.2 баллов).

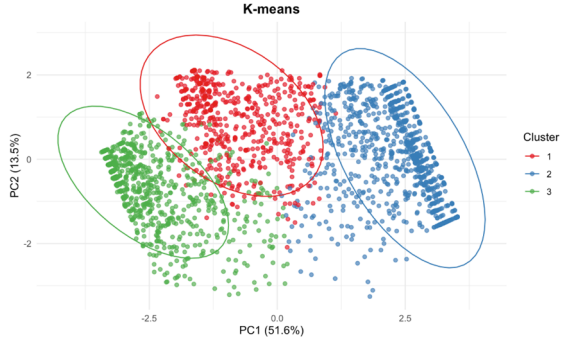


Рис. 2 k-means кластеризация

Метод иерархической кластеризации реализован с использованием алгоритма Уорда как части сравнительного анализа методов кластеризации образовательных данных. Подготовка данных идентична другим методам. Иерархическое кластерное дерево построено на основе матрицы расстояний евклидовой метрики. Результаты выявили три группы студентов (*рис. 3*), причем третий кластер составили студенты не набравшие выше тридцати баллов из ста возможных.

Рис. 3 Иерархическая кластеризация

В отличие от центроидных методов, DBSCAN не требует предварительного задания количества кластеров и способен выявлять кластеры произвольной формы, а также идентифицировать выбросы. Алгоритм выявил пятнадцать кластеров различного размера (*рис. 4*). Самый большой кластер содержит почти полторы тысячи объектов (кластер 0). Особый интерес представляют малые кластеры, например, кластер 12, состоящий из 5 студентов с высокой успеваемостью (74.7 балла) и кластер 8, содержащий 36 неуспевающих студентов (5.6 балла).

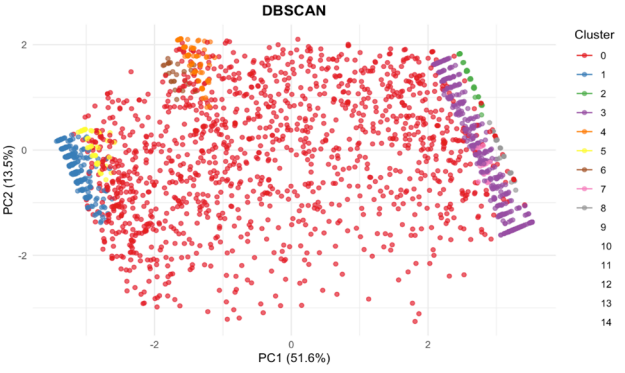


Рис. 4 DBSCAN кластеризация

Кластеры 4–14 содержат малое количество студентов и представляют собой аномалии (например, высокие итоговые оценки при низкой активности или нестандартные комбинации результатов).

Метод GMM реализует вероятностный подход к кластеризации с автоматическим подбором количества кластеров (*рис. 5*). GMM основан на предположении, что данные порождены смесью нескольких гауссовых распределений, что позволяет учитывать не только расположение, но и ковариацию данных. Результаты кластеризации выявили три группы студентов: крупнейший кластер из 1151 студента со средней успеваемостью 49.3 балла, группа из 808 студентов с пониженными результатами (43.2 балла) и кластер из 510 студентов с высокой академической успеваемостью (60.9 балла).

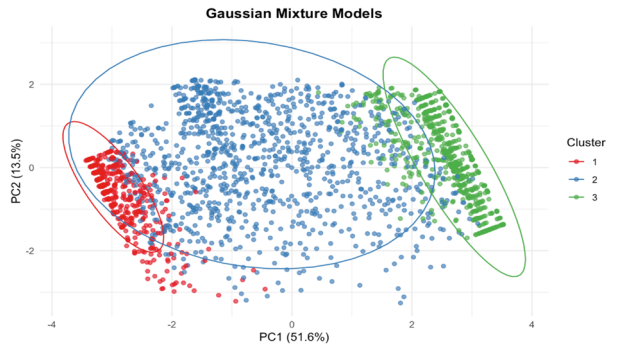


Рис. 5 GMM кластеризация

Несмотря на различия в подходах и алгоритмах, все методы кластеризации выявили схожие паттерны в структуре данных. Для систематизации результатов проведен сравнительный анализ полученных кластеров по ключевым характеристикам. Сравнение выполнено на основе как визуального анализа, так и строгих метрических показателей: индексов силуэта, Калински–Харабаша, Дэвиса–Булдина и Dunn (*рис. 6*).

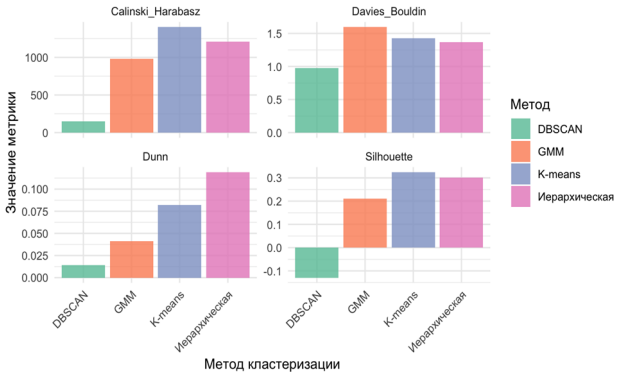


Рис. 6 Сравнение методов кластеризации по метрикам качества

Анализ индекса силуэта показал, что методы k-means и иерархическая кластеризация близки по оценке разделения кластеров выше 30 %, тогда как GMM и особенно DBSCAN показывают низкий результат. Индекс Калински–Харабаша, измеряющий отношение межкластерной дисперсии к внутрикластерной, наиболее высок у k-means (1400.8), что указывает на хорошо выраженные и компактные кластеры. Иерархический метод и GMM показывают средний результат (1211.5 и 980.6), а DBSCAN имеет самое низкое значение индекса (148.4). По индексу Дэвиса–Булдина, где меньшие значения указывают на лучшее разделение, наилучший результат показывает DBSCAN (0.977), что объясняется компактностью небольших кластеров. K-means и иерархический метод показывают схожие значения (1.430 и 1.364 соответственно), тогда как GMM имеет наименее оптимальное разделение (1.593). Индекс Данна, измеряющий отношение минимального межкластерного расстояния к максимальному внутрикластерному, наиболее высок у иерархического метода (0.119), что свидетельствует о хорошей разделимости кластеров. k-means и GMM показывают более низкие значения (0.082 и 0.041 соответственно), а DBSCAN имеет минимальный показатель (0.014) из-за наличия множества близко расположенных мелких кластеров.

Интегральная оценка метрик указывает на то, что иерархическая кластеризация демонстрирует наиболее сбалансированные результаты по всем показателям (*табл. 3*). Метод k-means является близкой альтернативой, особенно эффективной по индексам силуэта и Калински–Харабаша. GMM показывает средние результаты по большинству метрик, в то время как DBSCAN, несмотря на низкий показатель, решает специфическую задачу выявления локальных паттернов.

Таблица 3

Сравнение методов кластеризации

Метод	Кластеры	Силуэт	Калински–Харабаш	Дэвис–Булдин	Данн
k-means	3	0.324	1400.8	1.430	0.082
Иерархическая	3	0.301	1211.5	1.364	0.119
GMM	3	0.210	980.6	1.593	0.041
DBSCAN	15	-0.129	148.4	0.977	0.014

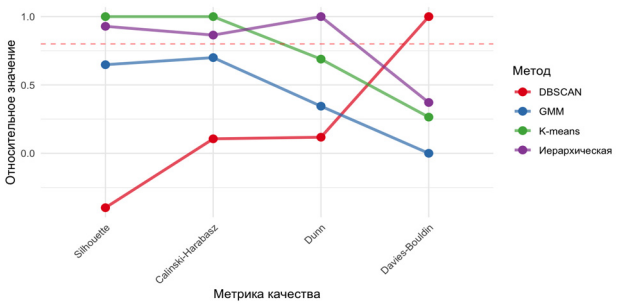


Рис. 7 Оптимальность методов кластеризации по Парето

Для комплексной оценки эффективности методов кластеризации применен метод оптимальности по Парето, позволяющий выявить методы, недоминируемые другими по совокупности метрик качества. Анализ показал, что три из четырех методов являются Парето-оптимальными (*рис. 7*).

Метод k-means демонстрирует лучшие значения индекса силуэта (0,324) и индекса Калински–Харабаша (1400,8); иерархическая кластеризация показывает лучшее значение индекса Данна (0,119) и наиболее сбалансированные результаты по всем метрикам, а DBSCAN, несмотря на невысокий интегральный показатель, также является Парето-оптимальным благодаря наилучшему значению индекса Дэвиса–Булдина (0,977). GMM не является Парето-оптимальным, уступая другим методам по всем ключевым метрикам.

Выводы

Несмотря на алгоритмические различия, методы k-means, иерархическая кластеризация, DBSCAN и GMM сегментировали студентов по трем группам с высокой, средней и минимальной академической вовлеченностью.

Методы k-means и иерархическая кластеризация, показавшие лучшие результаты, идентифицировали студентов со сниженной академической успеваемостью. Для этих групп необходимы дополнительные консультации и мотивирующие активности.

При невысокой интегральныой метрике, показанной на выборке образовательных данных, DBSCAN лучше других методов выявил группы студентов с нестандартными образовательными паттернами (например, высокие итоговые оценки при низкой активности).

Литература

1. *Yağcı M.* Educational data mining: prediction of students' academic performance using machine learning algorithms. *Smart Learning Environments.* 2022;9(1):11.
2. *Yadav N., Deshmukh S.* Prediction of Student Performance Using Machine Learning Techniques: A Review. 2023:735–741.
3. *Vladova A. Yu., Borchyk K. M.* Predictive analytics of student performance: multi-method and code. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education.* 2024;9(4):190–204.
4. *Troussas C., Virvou M., Alepis E.* Comulang: towards a collaborative e-learning system that supports student group modeling. *SpringerPlus.* 2013;2(1):387.
5. *Bayazit A., İlgaz H., Gönüllü İ., Erden Ş.* Profiling students via clustering in a flipped clinical skills course using learning analytics. *Medical Teacher.* 2022;45(7):724–731.
6. *Petrović S. A* Comparison Between the Silhouette Index and the Davies-Bouldin Index in Labelling IDS Clusters. 2006.
7. *Вашакидзе Н. С., Филиппова Г. В., Рауш Н. Л., Осипов Г. С.* Введение в оценку качества кластерного анализа. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* 2024;10-2(97):86–89.
8. *Иванов А. А.* Кластеризация данных на основе марковской цепи с помощью алгоритма DBSCAN. *Новые информационные технологии в автоматизированных системах.* 2018;21: 315-319.
9. *Пономарев Д. С.* Иерархическая кластеризация на языке R для производственно-экономических показателей пенитенциарной системы. *Экономика. Информатика.* 2023;3:655–668.
10. *Шокина М. О.* Применение алгоритма k-means++ для кластеризации последовательностей с неизвестным количеством кластеров. *Новые информационные технологии в автоматизированных системах.* 2017;20:160-163.
11. *Владова А.Ю., Стамплевская М.М.* Метод оценки вклада образовательных активов в интеллектуальный капитал ВУЗа. *Учет. Анализ. Аудит*. 2026.;13(1): 91-102.
12. *Мелехина Т. Л., Владова А. Ю.* Образовательные траектории под контролем статистики: выявление трендов и закономерностей. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2025;27(6):96-106.
13. *Мелехина Т. Л., Владова А. Ю.* Хеширование для обезличивания данных образовательной платформы: практические решения в MS Excel. *Инновации и инвестиции.* 2025;10:277-279.
14. *Мелехина Т. Л., Владова А. Ю.* Аналитика образовательных траекторий в системе менеджмента качества. *Проблемы теории и практики управления*. 2025;9:172-183.
15. *Розина Н.М., Зуев В.М.* О нормативном финансировании высшего образования: современное состояние и пути развития. *Финансы: теория и практика*. 2017;21(2):132-144.
16. *Абдикеев Н.М.* Экономика, основанная на знаниях, и инновационное развитие. *Финансы: теория и практика.* 2014;(5):16-26.

Segmentation of student educational data by a set of validation metrics
Stamplevskaya M.M., Vladova A.Yu.
Financial University under the Government of Russian Federation
JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article presents the results of a comparative study of the effectiveness of four machine learning methods – k-means, hierarchical clustering, DBSCAN, and Gaussian mixtures (GMM) – for analyzing educational data. The study aims to segment students into groups with similar academic activity and performance profiles.

The purpose of the study. To conduct a comparative evaluation of the effectiveness of four machine learning methods – k-means, hierarchical clustering, DBSCAN, and Gaussian mixtures – for student segmentation based on academic performance indicators using a real-world educational dataset.

Materials and Methods. The study was conducted on a dataset of student academic activity, including 10 relevant features. Comprehensive data preprocessing was performed, including verification of numerical columns, missing value handling, and feature scaling. The implementation process and parameterization are described for each clustering method. Clustering quality was assessed using a set of metrics: the silhouette index, the Calinski-Harabasz index, the Davies-Bouldin index, and the Dunn index.

Results. Despite algorithmic differences, all methods identified three main patterns of academic performance: high, average or unstable, and low. Hierarchical clustering and k-means demonstrated the best integral performance indicators. k-means yielded the highest values for the silhouette index (0.324) and the Calinski-Harabasz index (1400.8). Hierarchical clustering yielded the best Dunn index (0.119). The DBSCAN method, which formally demonstrated low integral metrics, confirmed its effectiveness in identifying local anomalies and fine-grained structures, automatically identifying 15 clusters. Pareto analysis revealed that three methods (k-means, hierarchical clustering and DBSCAN) are optimal according to different quality criteria.

Conclusion. The results of the study confirm the practical value of clustering methods for analyzing educational data. k-means and hierarchical clustering are the most balanced methods for segmenting students into large, interpretable groups. DBSCAN addresses the specific problem of identifying niche groups and anomalies. The integrated application of these methods provides tools for diagnostics and decision support in educational management.

Keywords: clustering, academic performance, k-means, hierarchical clustering, DBSCAN, Gaussian mixtures, clustering quality assessment, educational data analysis.

References

1. Yağcı M. Educational data mining: prediction of students' academic performance using machine learning algorithms. Smart Learning Environments. 2022;9(1):11.
2. Yadav N., Deshmukh S. Prediction of Student Performance Using Machine Learning Techniques: A Review. 2023:735–741.
3. Vladova A. Yu., Borchyk K. M. Predictive analytics of student performance: multi-method and code. Journal of Research and Advances in Mathematics Education. 2024;9(4):190–204.
4. Troussas C., Virvou M., Alepis E. Comulang: towards a collaborative e-learning system that supports student group modeling. SpringerPlus. 2013;2(1):387.
5. Bayazit A., İlgaz H., Gönüllü İ., Erden Ş. Profiling students via clustering in a flipped clinical skills course using learning analytics. Medical Teacher. 2022;45(7):724–731.
6. Petrović S. A Comparison Between the Silhouette Index and the Davies-Bouldin Index in Labelling IDS Clusters. 2006.
7. Vashakidze N. S., Filippova G. V., Raush N. L., Osipov G. S. Introduction to Cluster Analysis Quality Assessment. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2024;10-2(97):86–89. (in Russ)
8. Ivanov A. A. Data Clustering Based on a Markov Chain Using the DBSCAN Algorithm. New information technologies in automated systems. . 2018;21: 315-319. (in Russ)
9. Ponomarev D. S. Hierarchical Clustering in the R Language for Production and Economic Indicators of the Penitentiary System. Economy. Informatics. 2023;3:655–668. (in Russ)
10. Shokina M. O. Application of the k-means++ algorithm for clustering sequences with an unknown number of clusters. New information technologies in automated systems. 2017;20:160-163. (in Russ)
11. Vladova A.Yu., Stamplevskaya M.M. Method for Assessing the Contribution of Educational Assets to the Intellectual Capital of a University. Accounting. Analysis. Auditing. 2026;13(1):91-102. (In Russ.)
12. Melekhina T. L., Vladova A.Yu. Educational trajectories under the control of statistics: identification of trends and patterns. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2025;27(6):96-106. (in Russ)
13. Melekhina T. L., Vladova A.Yu. Data anonymization via hashing for an educational platform: practical solutions in ms excel. Инновации и инвестиции. 2025;10:277-279. (in Russ)

Применение методов обучения с подкреплением к экономическим моделям с элементами оптимального управления

Делёв Александр Павлович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет “Синергия”, aleksandrdelev@mail.ru,

Аникин Ростислав Александрович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет “Синергия”, anikin.ra@phystech.edu,

Суслов Евгений Павлович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет “Синергия”, su5lov.sus@yandex.ru,

Колузанов Филипп Эдуардович
аспирант, Московский финансово-промышленный университет “Синергия”, fkoluzanov@mail.ru,

Смольянов Борис Дмитриевич
аспирант, Московский финансово-промышленный университет “Синергия”, smolyanovb@yandex.ru

Доходность бизнеса служит главным показателем его успеха, поэтому компании необходимо грамотно управлять ресурсами для извлечения максимальной выгоды. В статье предлагается подход на основе обучения с подкреплением (RL) для задачи расширения производства. Цель — найти такую долгосрочную стратегию использования ресурсов, которая позволит предприятию наращивать производство и обеспечивать стабильно высокую прибыль в будущем. В работе рассматривается возможность применения алгоритмов обучения с подкреплением к аналогичным задачам и для подтверждения этой возможности сравниваются результаты аналитического решения задачи с использованием классических методов теории оптимального управления с результатами моделей RL. Результаты алгоритмов обучения с подкреплением и классических методов решения сравниваются на основе конечной прибыли, которую получит компания в долгосрочной перспективе на горизонте 10 лет. Также в работе двумя способами решается задача расширения производства в условиях нестабильного спроса и результаты решений показывают, что методы RL сходятся к аналитическому.
Ключевые слова: оптимальное управление, принцип оптимальности Лагранжа, машинное обучение, обучение с подкреплением, глубокое обучение, Deep Deterministic Policy Gradient, Q-learning.

Сегодня методы ИИ всё чаще проникают в экономическое моделирование [1], [2] и в задачи поиска оптимального управления, так как многие из этих задач либо слишком сложны вычислительно, либо не поддаются решению классическими экономико-математическими методами [3], [4]. Среди подходов машинного обучения особняком стоит обучение с подкреплением (reinforcement learning, RL) — оно особенно хорошо подходит для сложных задач управления [5], [6]. В данной статье мы строим рассуждение от простого к сложному: сначала разбирается задача с известным аналитическим решением, а затем — более реалистичный случай стохастического оптимального управления, где аналитические методы перестают иметь простые решения. Именно через такую логику мы и исследуем поведение RL в условиях неопределённости. Поскольку управление в исходной задаче задаётся на непрерывном множестве значений, нам потребовался соответствующий алгоритм. Мы выбрали метод Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) — один из самых эффективных на сегодня для непрерывного пространства действий. Кроме того, мы проверяем, можно ли дискретизовать управление и применить классические дискретные алгоритмы RL, в частности Q-обучение. Основная задача данной работы — выяснить, применимы ли методы машинного обучения в контексте стохастического оптимального управления. В случае подтверждения этой гипотезы у специалистов появится универсальный подход к решению множества сходных задач, для которых аналитические методы не дают ответа. Структура работы: в разделе 2 приводится формулировка задачи оптимального управления и способ её решения.

Раздел 3 содержит описание основных концепций обучения с подкреплением и описывает принципы работы алгоритмов Q-обучения и DDPG, а также архитектуру нейронной сети, используемой для реализации DDPG. В конце приводится сравнение полученных аналитических решений и решений с использованием алгоритмов.

Задача была предложена в [1], согласно которой компания производит некоторую продукцию, и $x(t)$ — это выручка, полученная от продажи этой продукции в единицу времени. Доля $u(t)$ направляется на расширение производства:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha u(t) \cdot x(t)$$

Параметр $\alpha > 0$ отвечает за увеличение стоимости продукции, то есть является аналогом спроса на продукцию. В исходной постановке задачи это постоянная величина. Начальный капитал известен: $x(0) = x_0 > 0$.

Предполагается, что издержки производства пропорциональны выпуску (в единицу времени равны $(k(x(t) - u(t) \cdot x(t) - \beta x(t))$, а налог пропорционален прибыли (т.е. в единицу времени равен $(k(x(t) - u(t) \cdot x(t) - \beta x(t))$. Следовательно, прибыль за время от t = 0 до t = T составляет:

$$\int_0^T b(1 - u(t) - \beta)x(t)dt,$$

где $b = 1 - k$.

Необходимо распределить долю $u(t)$ на расширение производства так, чтобы на горизонте времени T прибыль компании была максимальной:

$$\int_0^T b(\mu - u(t))x(t)\ dt \to max,$$
$$\dot{x} = \alpha u(t)x(t)$$
$$0 \le u \le \mu$$
$$x(0) = x_0$$

где $\mu = 1 - \beta$.

Для такой задачи известно решение с использованием принципа оптимальности Лагранжа:

$$u^*(t) = \begin{cases} \mu, t < T - \frac{1}{\mu\alpha} \\ 0, t \ge T - \frac{1}{\mu\alpha} \end{cases}$$

То есть компания должна вкладывать всю получаемую прибыль в расширение до момента $\tau = T - \frac{1}{\mu\alpha}$, а затем только получать прибыль.

В реальных условиях спрос не может быть постоянным по мере увеличения стоимости производства, поэтому текущая постановка задачи является упрощением. В статье мы решим задачу выше, используя RL

алгоритмы. Также будем решать задачу для прерывистого спроса, где параметр α задается распределением:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_1 \text{ с вероятностью } p_1 \\ \alpha_2 \text{ с вероятностью } p_2 \\ \alpha_k \text{ с вероятностью } p_k \end{cases}$$

Решение строится в рамках стандартной схемы обучения с подкреплением: агент обменивается данными со средой в дискретные моменты времени [9, 10]. Его текущее состояние описывается переменной s_t, которая включает ключевую информацию о параметрах управления и переменных состояния среды. Поведение агента определяется стратегией π: на каждом шаге, находясь в состоянии s_t, он выбирает действие a_t, которое в соответствии с текущей стратегией является наилучшим для данного состояния. После этого агент получает поощрение $r(a_t, s_t)$ и переходит в следующее состояние s_{t+1}. В нашей задаче действие это выбор доли капитала, которая пойдет на расширение в этом году, а вознаграждение $r(a_t, s_t)$ это прибыль, полученная компанией за год t.

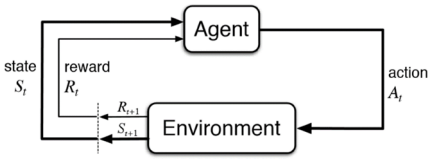


Рис.1 Цикл обучения с подкрепелением

Общая награда, полученная с текущего момента времени и до момента перехода в финальное состояние. В нашей задаче финальное состояние это последний 10ый год работы. Общая награда обозначается как $R_t(s_t, a_t) = \sum_{i=t}^{T} \gamma^{i-t} \cdot r(s_i, a_i)$. Коэффициент $\gamma \in (0,1)$ отвечает за коэффициент дисконтирования. Основная цель агента — максимизировать общую награду $R(s_0, a_0)$, путем обучения оптимальной политике переходов из одного состояния в другое. В нашей задаче действием будет выбор доли u, с которой будет расширяться производство, а главная цель — получить максимальную прибыль, так как в задаче прибыль ≡ общая награда. Введем одно из основных определений для RL — это функция состояния-действия, обозначаемая $Q^{\pi}(s_t, a_t)$. Ее значение это общая награда с текущего момента времени t после выполнения действия a_t, которая состоит из получения вознаграждения $r(a_t, s_t)$, перехода в новое состояние и последующих наград, полученных далее по действиям текущей выученной политикой π:

$$Q^{\pi}(s_t, a_t) = \mathbb{E}_{\pi}\left[r(s_t, a_t) + \gamma Q^{\pi}(s_{t+1}, \pi(s_{t+1}))\right]$$

Таким образом, функция $Q^{\pi}(s_t, a_t)$ аппроксимирует $R_t(s_t, a_t)$. Математическое ожидание в формуле отвечает за случайность среды в задаче; в нашем случае это будет нестабильность спроса, то есть случайная величина α. В алгоритме Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) функция состояния-действия $Q^{\pi}(s_t, a_t)$ и политика π рассматриваются как параметризованные функции $Q^{\pi}(s_t, a_t|\varphi)$ и $\pi(s_t|\theta) \equiv \pi_{\theta}$. Параметры φ и θ это и есть параметры, которые выучиваются алгоритмом, чтобы получить наилучшую политику. Алгоритм основан на подходе, описанном в статье [11], который авторы назвали актёр-критик. Метод основан на двух нейронных сетях: первая нейронная сеть π_{θ} с параметрами θ, принимая вектор состояния s_t в качестве входных данных, выдает, какое действие a_t выполнить в этом состоянии, а нейронная сеть $Q^{\pi}(s_t, a_t|\varphi)$ (с параметрами φ), принимая вектор состояния s_t и действие a_t в качестве входных данных, оценивает, в какой степени π_{θ} выбрал оптимальное действие. Таким образом, идея подхода актёр-критик заключается в том, что сеть $Q^{\pi}(s_t, a_t|\varphi)$ приближает истинную функцию состояния-действия, а π_{θ} при обучении обновляет политику. Параметры φ для сети $Q^{\pi}(s_t, a_t|\varphi)$ обновляются с использованием уравнений Беллмана, минимизируя ошибку:

$L(\varphi) = [Q^{\pi}(s_t, a_t|\varphi) - (r(s_t, a_t) + \gamma \cdot Q(s_{t+1}, \vartheta(s_{t+1})|\varphi))]\text{^}2$

где $\vartheta(s_{t+1}) = argmax_a Q(s_{t+1}, a)|\varphi$

Параметры θ для сети (π_{θ}) обновляются путем максимизации функции:

$$J(\pi_{\theta}) = E_{s_i, r_i, a_i \sim \pi}[R_0]$$

Обе нейронные сети обучаются с использованием стохастического градиентного спуска. В начале обучения сети π_{θ} может потребоваться много времени для выбора действий, которые приводят к оптимальному общему вознаграждению. Для более эффективного поиска оптимальной политики к выбранным во время обучения действиям добавляется нормальный шум.

Второй алгоритм, используемый в данной статье — Q-learning. Этот алгоритм работает для дискретного пространства действий, поэтому для его реализации в данной задаче к пространству действий $0 \le u \le \mu$ применяется дискретная сетка. Принцип работы агента основан на использовании Q-таблицы — двумерной матрицы, в которой строки соответствуют всем потенциальным состояниям среды, а столбцы — допустимым действиям агента в каждом из этих состояний. Элементы этой таблицы представляют собой оценки функции «состояние–действие» $Q(s_t, a_t)$. Иными словами, каждое значение показывает, какого суммарного вознаграждения в будущем можно ожидать, если в текущем состоянии выполнить конкретное действие, а затем следовать оптимальной стратегии.

Ранее в статье было представлено аналитическое решение задачи: если $T > \frac{1}{\alpha\mu}$, то тогда до момента $(\tau = T - \frac{1}{\alpha\mu})$ компании необходимо принять u

за максимально возможное, $u = \mu$, а в период, начиная с τ, u максимально извлекать прибыль, то есть использовать $u = 0$

Таким образом, прибыль тогда будет считаться как:

$$Q = \int_0^T b(\mu - u(t)x(t)dt$$

$$= \int_0^{\tau} b(\mu - \mu)x(t)dt + \int_{\tau}^{T} b\mu x(\tau)dt =$$

$$= \frac{bx_0 e^{\mu\tau}}{\alpha}$$

Функция Беллмана будет выражена следующим образом:

$$Q(t) = \int_t^T b(\mu - u(t)x(t)dt =$$

$$\int_t^{\tau} b(\mu - \mu)x(t)dt + \int_{\tau}^{T} b\gamma x(\tau)dt =$$

$= \frac{bx_0 e^{\mu\tau}}{\alpha}$, если $t \le \tau$

$Q(t) = \mu b x_0 e^{\mu\tau}(T - t)$, если $t > \tau$

При выборе констант $T = 10$, $x_0 = 5, b = 1, \alpha = 1, \mu = 0.3$ согласно формуле выше, прибыль $Q \approx 37$. Сравним этот результат с решениями, полученными алгоритмами обучения с подкреплением. Сначала рассмотрим, как действует алгоритм. На каждом шаге Q-learning выбирает действие для максимизации $Q(s, a)$. Однако в начальные моменты времени, когда компания должна расширяться, прибыли не появляется, так как оптимальная стратегия подразумевает, что компания жертвует прибылью в начальные периоды, чтобы конечная прибыль была максимизирована. Q-learning не увидит такой стратегии, так как этот алгоритм стремится к немедленной прибыли. Это наблюдение подтверждается экспериментом. Ниже представлен график обучения и конечный результат, который выдает алгоритм при том же выборе констант $T = 10, x_0 = 5, b = 1, \alpha = 1, \gamma = 0.3$. Обучение запущено на 20 000 итераций, и алгоритм не научился выбирать оптимальную стратегию:

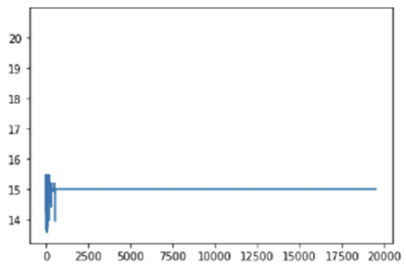


Рис.2 прибыль, получаемая Q-learning в процесс обучения

Таблица 1

Динамика награды в процессе обучения DDPG

t	u(t)	x(t)	T-t
0	0.2683	5.0000	10
1	0.2683	6.5319	9
2	0.2703	8.5428	8
3	0.2706	11.2370	7
4	0.2706	14.6846	6
5	0.2224	19.2555	5
6	0.1284	24.0464	4
7	0.0265	27.3473	3
8	0.0087	28.0782	2
9	0.0074	28.3991	1

Мы реализуем метод DDPG со следующими гиперпараметрами: обе сети имеют одинаковую архитектуру - 2 скрытых слоя, в первой 256

нейронов, во второй 128, размер батчей при обучении 64. Для обновления весов используется коэффициент ($\lambda = 0.001$). Стратегия DDPG для выбранных параметров: $T = 10, x_0 = 5, \alpha = 1, \mu = 0{,}3$ представлена в таблице ниже, где $u(t)$ — доля прибыли, идущая на расширение производства$(u \in (0, \mu))$, $x(t)$— выручка, получаемая за реализацию данной продукции в единицу времени, а t — текущее время.

При такой стратегии компания получает прибыль ($R_0 = 32{,}9$).

Алгоритм изначально научился выбирать u_t близко к максимальному значению, а к концу близко к минимальному значению. Такое поведение аналогично с теоретически оптимальным управлением для этой задачи.

Одно из объяснений различия между полученной прибылью с помощью DDPG и аналитическим решением (32,9 против 37) это факт, что в решении с RL время дискретно. Состояние и управление определяются в начале временного интервала, а новое состояние формируется к концу временного интервала. Однако в аналитическом оптимальном решении смена оптимального управления происходит между целочисленными временными интервалами, выбранными для постановки задачи RL. Чтобы преодолеть эту проблему, необходимо применить более мелкую сетку во временной области, что требует значительно больше вычислительных ресурсов.

Рассмотрим случай, когда α — случайная величина:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_1 \text{ с вероятностью } p_1 \\ \alpha_2 \text{ с вероятностью } p_2 \\ \alpha_k \text{ с вероятностью } p_k \end{cases}$$

В случае, когда α является случайной величиной, аналитического решения не существует. Поэтому сначала попытаемся получить решение с помощью алгоритма DDPG при следующих условиях: $\alpha_1 = 1$ с вероятностью $p_1 = 0{,}9$, $\alpha_2 = 0.5$ с вероятностью $p_2 = 0{,}1$. Ожидаемый результат должен быть близок к тому, что получался, когда α был постоянным.

Таблица 2

Стратегия DDPG для $\alpha_1 = 1$ (p=0.9), $\alpha_2 = 0.5$ (p=0.1)

t	u(t)	x(t)	T-t
0	0.2589	5.0000	10
1	0.2656	6.2819	9
2	0.2597	8.1928	8
3	0.2431	10.6337	7
4	0.2364	13.5546	6
5	0.2140	17.1755	5
6	0.1411	21.2764	4
7	0.0371	24.4973	3
8	0.0207	25.4282	2
9	0.0177	25.9591	1

При этой стратегии прибыль составляет $R_0 = 31{,}68$. Выбор оптимального управления совпал с предыдущим экспериментом, и это должно произойти, если мы выбираем p_1 близко к единице. Следующий шаг — провести эксперимент, в котором α имеет распределение, сильно отличающее от константы:

$$\alpha = \begin{cases} 1 \text{ с вероятностью } 0.5 \\ 0.5 \text{ с вероятностью } 0.3 \\ 0.3 \text{ с вероятностью } 0.2 \end{cases}$$

Стратегия агента в этом случае получилась следующая:

Результаты эксперимента представлены в Таблице 4.3.

Таблица 3

Стратегия DDPG несталильного спроса

t	u(t)	x(t)	T-t
0	0.2040	5.0000	10
1	0.2525	5.6190	9
2	0.2525	6.3528	8
3	0.1984	8.1837	7
4	0.0886	9.9046	6
5	0.0326	10.8255	5
6	0.0249	10.9264	4
7	0.0238	11.2073	3
8	0.0244	11.2882	2
9	0.0187	11.4291	1

Можно обратить внимание, что алгоритм в обоих экспериментах продолжает обучаться так, что в начале выбирает u близкое к максимуму, а когда время приближается к моменту переключения τ выбирает u близкое к 0. Стратегия сохраняется так, как и должна быть, так как неважно, какой α будет, в начале нужно воспроизвести как можно больше, чтобы получить наибольшую конечную прибыль.

Эксперименты показали, что Q-learning неприменим к данной задаче, так как его работа предполагает выбор действия, при котором среда получает максимальное вознаграждение сразу. На первых шагах максимальное вознаграждение получается, если она не расширяется, что противоречит оптимальной стратегии, заданной теорией. Напротив, DDPG следует стратегии, совпадающей с теоретической, и поэтому дает гораздо более точный ответ, чем Q-learning. Следовательно, для решения задачи в случае, когда α — случайная величина, выбор делается в пользу DDPG. В каждом эксперименте алгоритм сходился к оптимальному управлению и ответ был близок к теоретическому. Таким образом, DDPG применим как численный метод для поставленной задачи и есть обоснование применять его к более сложным.

Литература

1. Арутюнов, А. В. Принцип максимума Понтрягина. Доказательство и приложения / А. В. Арутюнов, Г. Г. Магарил-Ильяев, В. М. Тихомиров. — Москва: Факториал Пресс, 2006. — 144 с.
2. Обросова, Н. К. Исследование уравнения Беллмана в производственной модели с нестабильным спросом / Н. К. Обросова, А. А. Шананин // Вычислительная математика и математическая физика. — 2014. — Т. 54, № 9. — С. 1411–1440.
3. Kaelbling, L. P. Reinforcement learning : a survey / L. P. Kaelbling, M. L. Littman, A. W. Moore // Journal of Artificial Intelligence Research. — 1996. — Vol. 4. — P. 237–285.
4. Wiering, M. Reinforcement learning : state-of-the-art / M. Wiering, M. van Otterlo. — Berlin : Springer, 2013. — 640 p.
5. Mnih, V. Playing Atari with deep reinforcement learning / V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. Graves, I. Antonoglou, D. Wierstra, M. Riedmiller // arXiv preprint. — 2013. — arXiv:1312.5602.
6. Lillicrap, T. P. Continuous control with deep reinforcement learning / T. P. Lillicrap, J. J. Hunt, A. Pritzel, N. Heess, T. Erez, Y. Tassa, D. Silver, D. Wierstra // 4th International Conference on Learning Representations (ICLR 2016). — 2016. — arXiv:1509.02971.
7. Дивеев, А. И. Машинный синтез системы стабилизации с помощью модифицированного декартова генетического программирования / А. И. Дивеев, Е. Ю. Шмалько // Труды IEEE по кибернетике. — 2020. — Том 50, № 3. — С. 1145–1156.
8. Дивеев, А. Управление на основе машинного обучения с использованием аппроксимации оптимальных траекторий / А. Дивеев, С. Константинов, Е. Шмалько, Г. Донг // Математика. — 2021. — Т. 9, № 3. — С. 265.
9. Городецкий, А. Сеть дельта-схем в обучении с подкреплением на основе моделей / А. Городецкий, А. Шлычкова, А. И. Панов // Международная конференция по искусственному общему интеллекту (AGI 2020). — Чам: Springer, 2020. — С. 172–182.
10. Lotfi, M. A multi-level action coupling reinforcement learning approach for online two-stage flexible assembly flow shop scheduling / M. Lotfi, M. Ghazanfari, M. S. Pishvaee, M. M. Lotfi // Journal of Manufacturing Systems. — 2024

Application of reinforcement learning methods to economic models with elements of optimal control

Delev A.P., Anikin R.A., Suslov E.P., Koluzanov F.E., Smolyanov B.D.
University "Synergy"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

A company's financial success is largely measured by its profitability, which makes efficient resource allocation essential for achieving the highest possible gains. Since profit maximization typically presents itself as a dynamic optimization challenge, this paper explores a reinforcement learning (RL) based approach to the problem of production capacity expansion. The main goal is to define a long-term corporate strategy: how a firm should allocate its resources toward expanding production in order to sustain and maximize profits over an extended time horizon. This study investigates the feasibility of applying reinforcement learning algorithms to such problems. To validate this approach, it compares the outcomes of an analytical solution derived from classical optimal control theory with those obtained from RL models.

Keywords: optimal control, Lagrange's optimality principle, machine learning, reinforcement learning, deep learning, Deep Deterministic Policy Gradient, Q-learning.

References

1. Arutyunov, A. V. Pontryagin's maximum principle. The proof and applications / A. V. Arutyunov, G. G. Magaril-Il'yayev, V. M. Tihomirov. — Moscow : Faktorial Press, 2006. — 144 p.
2. Obrosova, N. K. Study of the Bellman equation in a production model with unstable demand / N. K. Obrosova, A. A. Shananin // Computational Mathematics and Mathematical Physics. — 2014. — Vol. 54, no. 9. — P. 1411–1440.
3. Kaelbling, L. P. Reinforcement learning : a survey / L. P. Kaelbling, M. L. Littman, A. W. Moore // Journal of Artificial Intelligence Research. — 1996. — Vol. 4. — P. 237–285.
4. Wiering, M. Reinforcement learning : state-of-the-art / M. Wiering, M. van Otterlo. — Berlin : Springer, 2013. — 640 p.
5. Mnih, V. Playing Atari with deep reinforcement learning / V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. Graves, I. Antonoglou, D. Wierstra, M. Riedmiller // arXiv preprint. — 2013. — arXiv:1312.5602.
6. Lillicrap, T. P. Continuous control with deep reinforcement learning / T. P. Lillicrap, J. J. Hunt, A. Pritzel, N. Heess, T. Erez, Y. Tassa, D. Silver, D. Wierstra // 4th International Conference on Learning Representations (ICLR 2016). — 2016. — arXiv:1509.02971.

Методы вероятностного градиентного бустинга в прогнозировании параметров распределения доходностей финансовых активов

Еникеев Эмиль Маратович
аспирант, кафедра моделирования и системного анализа, факультет информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 249835@edu.fa.ru

Цель. Систематизация существующих подходов к вероятностному градиентному бустингу применительно к задаче прогнозирования параметров распределения доходностей финансовых активов и их интеграции в портфельную оптимизацию. **Методы.** Проведён систематический обзор научной литературы за 2022–2025 гг. по трём направлениям: распределённый градиентный бустинг, теория строго корректных scoring rules и применение вероятностных прогнозов в портфельной оптимизации. Предложена таксономия методов по осям «способ вычисления градиентов — тип базовой модели — способ параметризации распределения — тип неопределённости». **Результаты.** Выделены ключевые архитектурные подходы (GAMLSS и естественный градиент), обобщены преимущества взвешенных scoring rules для хвостовой калибровки в финансах, сформулированы критерии выбора подхода в зависимости от целевой функции инвестора. Определены семь неразрешённых проблем: от асимптотического обоснования методов до стандартизации протоколов валидации. **Выводы.** Вероятностный градиентный бустинг обеспечивает качественный переход от точечного прогноза к полному описанию распределения доходностей, что открывает новые возможности для задач управления портфельным риском. Наиболее перспективными направлениями являются разработка хвостово-ориентированных scoring rules и построение многомерных моделей на основе копул.

Ключевые слова: вероятностный градиентный бустинг, распределённая регрессия, GAMLSS, scoring rules, CRPS, прогнозирование доходностей, портфельная оптимизация, CVaR, хвостовой риск, CPCV, финансовые временные ряды.

Введение

Задача прогнозирования доходностей финансовых активов занимает центральное место в портфельной теории. Классический подход требует оценку вектора ожидаемых доходностей и ковариационной матрицы, однако точечный прогноз $E[r_{t+1} \mid \mathcal{F}_t]$ не содержит информации о неопределённости, принципиально важной для инвестиционных решений в условиях риска. Вероятностное прогнозирование, в рамках которого модель предсказывает полное условное распределение $P(r_{t+1} \le x \mid \mathcal{F}_t)$, позволяет оценивать не только ожидаемую доходность, но и её волатильность, асимметрию и эксцесс. Традиционные эконометрические подходы моделируют лишь условную дисперсию при фиксированной форме распределения. Градиентный бустинг деревьев решений показал превосходство в точечном прогнозировании финансовых временных рядов [1–3], а его вероятностные расширения, в которых каждая итерация обновляет все параметры целевого распределения одновременно, начали активно развиваться в последние несколько лет. Переход от точечного прогноза к распределённому обеспечен двумя методологическими линиями: обобщением аддитивных моделей на параметры масштаба и формы распределения (GAMLSS) и применением естественного градиента для совместного обучения нескольких параметров.

Цель настоящего обзора - систематизация подходов к вероятностному градиентному бустингу применительно к прогнозированию параметров распределения доходностей. Особое внимание уделяется специфике финансовых временных рядов: тяжёлым хвостам, асимметрии, кластеризации волатильности и нестационарности. Последовательно рассматриваются методологические основы, таксономия методов, специфика финансовых приложений, интеграция в портфельную оптимизацию и направления дальнейших исследований.

Методологические основы

Классический градиентный бустинг это аддитивная ансамблевая модель $F_m(x) = F_{m-1}(x) + \eta \cdot h_m(x)$, где $h_m(x)$ - дерево, обученное на антиградиенте функции потерь. Ограничение схемы в том, что на выходе формируется скаляр, тогда как для описания распределения требуется несколько параметров: (μ, σ) для нормального, (μ, σ, ν) для распределения Стьюдента.

Расширение на мультипараметрический случай основано на парадигме GAMLSS [4]: каждый параметр $\theta_k(x)$ моделируется собственным ансамблем деревьев:

$$y_i \sim \mathcal{D}(\theta_1(x_i), \dots, \theta_K(x_i)), \quad \theta_k(x_i) = \sum_{m=1}^{M} \eta \cdot h_{k,m}(x_i).$$

Обучение формулируется через строго корректное правило подсчёта ошибки (proper scoring rule) - функционал $S(F, y)$, для которого $\mathbb{E}_{y\sim G}[S(G, y)] \le \mathbb{E}_{y\sim G}[S(F, y)]$ при $F \ne G$, что обеспечивает состоятельность оценок [5]. Основные scoring rules - отрицательное логарифмическое правдоподобие $S_{NLL} = -\log f(y \mid \theta)$ и непрерывный ранжированный вероятностный счёт:

$$S_{CRPS}(F, y) = \int_{-\infty}^{\infty} (F(z) - \mathbf{1}\{y \le z\})^2 \, dz.$$

CRPS менее чувствителен к выбросам и предпочтителен для распределений с тяжёлыми хвостами [6]. Взвешенные правила [7] позволяют фокусировать модель на отдельных областях распределения, что особенно важно для портфельных приложений.

Два архитектурных подхода различаются способом обновления параметров. В GAMLSS-подходе параметры обновляются независимо в пространстве евклидова градиента; построение отдельных деревьев для каждого параметра распределения обеспечивает вычислительную эффективность и интерпретируемость. Подход на основе естественного градиента использует риманову метрику с матрицей Фишера $\mathcal{I}(\theta)$:

$$\theta_{m+1} = \theta_m - \eta \cdot \mathcal{I}(\theta_m)^{-1} \nabla_\theta S(F_{\theta_m}, y).$$

Преимущество естественного градиента - инвариантность к параметризации, а недостаток это вычислительная сложность обращения матрицы Фишера. Интеграция нормализующих потоков позволяет моделировать распределения, не сводящиеся к параметрическим семействам, ценой роста вычислительных затрат.

Таксономия и специфика финансовых приложений

Методы вероятностного градиентного бустинга систематизируются по четырём осям. По способу вычисления градиентов: аналитический (максимальная эффективность), автоматическое дифференцирование (гибкость) и естественный градиент (качество сходимости). По типу базовой модели: деревья решений, нейронные сети, линейные модели. По способу параметризации: фиксированное семейство, смесевые распределения, квантильная регрессия $\{q_\tau(x)\}$, нормализующие потоки [8]. По типу неопределённости: алеаторическая и эпистемическая, совместная оценка которых актуальна для финансов [9].

Направление потокового распределённого обучения [10] позволяет обновлять параметры без полного переобучения, что актуально для нестационарных рынков. Пакеты на языке R предоставляют реализации на основе покомпонентного градиентного бустинга с развитыми средствами статистического вывода [4]. Финансовые данные обладают рядом особенностей. Тяжёлые хвосты: хвостовой индекс α ($P(|r| > x) \sim x^{-\alpha}$) лежит в диапазоне 2.5–4 [11]; выбор нормального распределения ведёт к занижению вероятности экстремальных событий в 2–5 раз [12]. Асимметрия (эффект рычага) требует моделирования параметра формы распределения как функции от ковариат. Кластеризация волатильности означает, что параметр масштаба зависит от лаговых значений процесса: $\sigma_t = g_\sigma(x_t, r_{t-1}, \dots, \sigma_{t-1}, \dots)$; её явный учёт даёт прирост точности, сопоставимый с десятками экзогенных признаков [13]. Нестационарность требует методов онлайн-обучения [10] и режимно-обусловленных моделей. Низкое отношение сигнала к шуму (R^2 редко превышает 0.02) делает вероятностный подход особенно ценным: предикторы, незначимые для направления цены, могут быть значимы для волатильности [2, 14].

Оценка качества вероятностных прогнозов в финансах выходит за рамки статистических метрик. Наряду с калибровкой (PIT) и остротой интервалов, принципиальна экономическая ценность: прирост коэффициента Шарпа, снижение максимальной просадки и CVaR портфеля. Улучшение статистических метрик не гарантирует улучшения экономических; выбор scoring rule должен быть согласован с целевой функцией инвестора [7, 15]. Для валидации на временных рядах стандартная кроссвалидация некорректна; применяется комбинаторная очищенная кроссвалидация (CPCV) с очисткой и эмбарго, дополненная дефлированным коэффициентом Шарпа и вероятностью переобучения бэктеста (PBO) [16–18].

Интеграция в портфельную оптимизацию

Двухэтапный подход (predict-then-optimize) является наиболее распространённым: модель генерирует прогноз $\hat{F}(r_{t+1} \mid x_t)$, затем решается оптимизационная задача. Для максимизации ожидаемой полезности CRRA:

$$\max_{w \in \mathcal{W}} \frac{1}{S} \sum_{s=1}^{S} U\left(\sum_{i=1}^{N} w_i \, r_i^{(s)} \right), \quad r^{(s)} \sim \hat{F}(\cdot \mid x_t),$$

для минимизации CVaR:

$$\min_{w} \left\{ \zeta + \frac{1}{\alpha S} \sum_{s=1}^{S} \max\left(0, -\sum_{i} w_i \, r_i^{(s)} - \zeta \right) \right\}.$$

Недостаток двухэтапного подхода - неэквивалентность целей: модель минимизирует ошибку прогноза, тогда как конечная цель это максимизация полезности портфеля [15]. Сквозной подход преодолевает это ограничение включением оптимизатора в функцию потерь:

$$\mathcal{L}_{e2e} = -U\big(w^*(\hat{F}_\theta), r\big), \quad w^* = \operatorname*{argmax}_{w} \mathbb{E}_{r \sim \hat{F}_\theta}[U(w^T r)],$$

что требует дифференцирования через оптимизационную задачу [19].

Выбор scoring rule с учётом конечной задачи особенно важен. Стандартный NLL минимизирует симметричную дивергенцию Кульбака-Лейблера, однако для инвестора ошибка в левом хвосте имеет большую экономическую стоимость. Взвешенные правила [7] фокусируют обучение на критичных областях:

$$S_{tw}(F, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \big(F(z) - \mathbf{1}\{y \le z\} \big)^2 \cdot \omega(z) \, dz,$$

где $\omega(z)$ повышена в левом хвосте. Модели с такой функцией потерь демонстрируют улучшение CVaR и Maximum Drawdown при сопоставимых статистических метриках [15, 20]. Байесовский подход дополнительно учитывает неопределённость параметров $p(\theta \mid \mathcal{D})$; альтернатива - робастная оптимизация $w^* = \operatorname{argmax}_w \min_{\theta \in \Theta} U(w; \theta)$ [21].

Открытые проблемы и направления развития

Область содержит ряд неразрешённых проблем. Асимптотические свойства оценок в условиях $p \to \infty$ совместно с $n \to \infty$ исследованы недостаточно. Формальные процедуры выбора параметрического семейства распределений в контексте градиентного бустинга отсутствуют. Существующие реализации поддерживают преимущественно симметричные scoring rules; интеграция взвешенных правил требует решения проблем эффективного вычисления интеграла на каждой итерации и стабильности градиентов в хвостах [7, 15].

Многомерное вероятностное прогнозирование для портфеля активов требует оценки совместного распределения $\hat{F}(r_1, \dots, r_N \mid \mathcal{F}_t)$. Подходы на основе копул позволяют разделить моделирование маргинальных распределений и структуры зависимости. Обработка нестационарности через режимно-обусловленные модели сталкивается с проблемой недифференцируемости дискретной скрытой переменной. Раздельная SHAP-декомпозиция для параметров (μ, σ, ν) позволила бы содержательно интерпретировать прогностическую силу признаков [22]. Для китайского рынка A-shares, характеризующегося высокой долей розничных инвесторов и выраженной ролью государственного регулирования [23], представляет интерес анализ влияния макроэкономических индикаторов на отдельные параметры распределения доходностей [3, 24].

Стандартизация протоколов сравнения методов на унифицированном наборе данных с единым протоколом валидации (CPCV, DSR, PBO) стала бы значительным вкладом в развитие дисциплины [16–18]. Наиболее перспективными направлениями исследований представляются: разработка хвостово-ориентированных scoring rules, построение многомерных моделей на основе копул, создание режимно-обусловленных расширений для адаптации к нестационарности и формализация статистического вывода для параметров распределений, предсказанных ансамблями деревьев.

Литература

1. Hao J., He F., Ma F., Zhang S., Zhang X. Machine Learning vs Deep Learning in Stock Market Investment: An International Evidence // Annals of Operations Research. 2025. Vol. 347. P. 357–389. DOI: 10.1007/s10479-024-06404-4.
2. Dudek G., Kasprzyk M., Pełka P. Multivariate Forecasting of Bitcoin Volatility with Gradient Boosting // Expert Systems with Applications. 2025. Vol. 267. Art. 126105. DOI: 10.1016/j.eswa.2025.126105.
3. Htun H. H., Biehl M., Petkov N. Forecasting Relative Returns for S&P 500 Stocks Using Machine Learning // Financial Innovation. 2024. Vol. 10. Art. 56. DOI: 10.1186/s40854-024-00623-1.
4. Ziel F. M5 Competition Uncertainty: Distributional Forecasting, GAMLSS, and Beyond // International Journal of Forecasting. 2022. Vol. 38, No. 4. P. 1488–1504. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.12.009.
5. Waghmare K., Ziegel J. Proper Scoring Rules for Estimation and Forecast Evaluation // Annual Review of Statistics and Its Application. 2025. Vol. 12. P. 233–256. DOI: 10.1146/annurev-statistics-040622-015123.
6. Velthoen J., Dombry C., Cai J. J., Engelke S. Gradient Boosting for Extreme Quantile Regression // Extremes. 2023. Vol. 26. P. 639–667. DOI: 10.1007/s10687-023-00473-x.
7. Wessel J. B., Ferro C. A. T., Evans G. R., Kwasniok F. Improving Probabilistic Forecasts of Extreme Wind Speeds with Weighted Scoring Rules // Monthly Weather Review. 2025. Vol. 153, No. 3. P. 521–540. DOI: 10.1175/MWR-D-24-0162.1.
8. Park Y., Maddix D., Aubet F. X., Kan K., Gasthaus J., Wang Y. Learning Quantile Functions without Quantile Crossing // Proc. 25th AISTATS. PMLR, 2022. Vol. 151. P. 8127–8150.
9. Nasios I., Vogklis K. Blending Gradient Boosted Trees and Neural Networks for Probabilistic Forecasting // International Journal of Forecasting. 2022. Vol. 38, No. 4. P. 1448–1469. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.005.
10. Hirsch S., Berrisch J., Ziel F. Online Distributional Regression. arXiv:2407.08750. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2407.08750.
11. Barunik J., Hronec M., Tobek O. Forecasting Stock Return Distributions Around the Globe with Quantile Neural Networks. arXiv:2408.07497. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2408.07497.
12. Melina M., Sukono S., Napitupulu H., Mohamed N. Machine Learning-Based Extreme Value Theory in Stock Investment Risk Prediction: A Systematic Literature Review // Big Data. 2025. Vol. 13, No. 2. DOI: 10.1089/big.2024.0208.
13. Wu R. Forecasting the EU Allowance Price Tail Risk with Integrated Deep Belief and Mixture Density Networks // Chaos, Solitons & Fractals. 2025. Vol. 190. Art. 116128. DOI: 10.1016/j.chaos.2024.116128.
14. Li J., Chen W., Zhou Z., Yang J., Zeng D. DeepAR-Attention Probabilistic Prediction for Stock Price Series // Neural Computing and Applications. 2024. Vol. 36. P. 6547–6564. DOI: 10.1007/s00521-023-09378-9.
15. López de Prado M., Simonian J., Fabozzi F. A. Enhancing Markowitz's Portfolio Selection Paradigm with Machine Learning // Annals

of Operations Research. 2025. Vol. 346. P. 1–28. DOI: 10.1007/s10479-025-06547-2.

16. Distaso W., López de Prado M. Enhanced Backtesting for Practitioners // Journal of Portfolio Management. 2024. Vol. 50, No. 5. P. 79–96.

17. Cajas D. Backtesting Process // Advanced Portfolio Optimization. Cham: Springer, 2025.

18. López de Prado M., Zoonekynd V. Why Has Factor Investing Failed? The Role of Specification Errors. SSRN Working Paper. 2025.

19. Ghallabi F., Souissi B., Du A. M., Ali S. ESG Stock Markets and Clean Energy Prices Prediction // International Review of Financial Analysis. 2025. Vol. 98. Art. 103940. DOI: 10.1016/j.irfa.2025.103940.

20. Sheng J., Chen L., Chen H., An Y. CVaR-Based Risk Parity Model with Machine Learning // Pacific-Basin Finance Journal. 2025. Vol. 90. Art. 102634. DOI: 10.1016/j.pacfin.2025.102634.

21. Fatouros G., Makridis G., Kotios D., Soldatos J. DeepVaR: Portfolio Risk Assessment Leveraging Probabilistic Deep Neural Networks // Digital Finance. 2023. Vol. 5. P. 483–519. DOI: 10.1007/s42521-023-00080-2.

22. Malandreniotis D. Probabilistic Forecasting Models for Financial Time-Series with Applications to Systematic Portfolio Management: PhD Thesis. London: UCL, 2024.

23. Бурякова А. О., Варнавский А. В., Иванова П. В., Коровин Д. И., Соловьев В. И. Регулирование оборота цифровых финансовых активов на международном уровне // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18, № 5. С. 235–241. DOI: 10.33693/2541-8025-2022-18-5-235-241.

24. Chevalier D., Côté M.-P. From Point to Probabilistic Gradient Boosting for Claim Frequency and Severity Prediction // European Actuarial Journal. 2025. DOI: 10.1007/s13385-025-00408-3.

Probabilistic Gradient Boosting for Distributional Forecasting of Asset Returns: A Systematic Review

Yenikeev E.M.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Objective. To systematize existing approaches to probabilistic gradient boosting applied to the problem of forecasting the distribution parameters of financial asset returns and their integration into portfolio optimization. **Methods.** A systematic review of the scientific literature for 2022–2025 was conducted across three domains: distributional gradient boosting, the theory of strictly proper scoring rules, and the application of probabilistic forecasts in portfolio optimization. A taxonomy of methods is proposed along the axes of gradient computation method, base learner type, distribution parameterization approach, and uncertainty type. **Results.** Key architectural approaches (GAMLSS and natural gradient) are identified; advantages of weighted scoring rules for tail calibration in finance are summarized; criteria for selecting an approach depending on the investor's objective function are formulated. Seven unresolved problems are outlined, ranging from asymptotic justification of the methods to the standardization of validation protocols. **Conclusions.** Probabilistic gradient boosting enables a qualitative transition from point forecasts to a complete description of the return distribution, opening new opportunities for portfolio risk management. The most promising research directions are the development of tail-oriented scoring rules and the construction of copula-based multivariate models.

Keywords: probabilistic gradient boosting, distributional regression, GAMLSS, scoring rules, CRPS, return forecasting, portfolio optimization, CVaR, tail risk, CPCV, financial time series.

References

1. Hao J., He F., Ma F., Zhang S., Zhang X. Machine Learning vs Deep Learning in Stock Market Investment: An International Evidence // Annals of Operations Research. 2025. Vol. 347. P. 357–389. DOI: 10.1007/s10479-024-06404-4.
2. Dudek G., Kasprzyk M., Pełka P. Multivariate Forecasting of Bitcoin Volatility with Gradient Boosting // Expert Systems with Applications. 2025. Vol. 267. Art. 126105. DOI: 10.1016/j.eswa.2025.126105.
3. Htun H. H., Biehl M., Petkov N. Forecasting Relative Returns for S&P 500 Stocks Using Machine Learning // Financial Innovation. 2024. Vol. 10. Art. 56. DOI: 10.1186/s40854-024-00623-1.
4. Ziel F. M5 Competition Uncertainty: Distributional Forecasting, GAMLSS, and Beyond // International Journal of Forecasting. 2022. Vol. 38, No. 4. P. 1488–1504. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.12.009.
5. Waghmare K., Ziegel J. Proper Scoring Rules for Estimation and Forecast Evaluation // Annual Review of Statistics and Its Application. 2025. Vol. 12. P. 233–256. DOI: 10.1146/annurev-statistics-040622-015123.
6. Velthoen J., Dombry C., Cai J. J., Engelke S. Gradient Boosting for Extreme Quantile Regression // Extremes. 2023. Vol. 26. P. 639–667. DOI: 10.1007/s10687-023-00473-x.
7. Wessel J. B., Ferro C. A. T., Evans G. R., Kwasniok F. Improving Probabilistic Forecasts of Extreme Wind Speeds with Weighted Scoring Rules // Monthly Weather Review. 2025. Vol. 153, No. 3. P. 521–540. DOI: 10.1175/MWR-D-24-0162.1.
8. Park Y., Maddix D., Aubet F. X., Kan K., Gasthaus J., Wang Y. Learning Quantile Functions without Quantile Crossing // Proc. 25th AISTATS. PMLR, 2022. Vol. 151. P. 8127–8150.
9. Nasios I., Vogklis K. Blending Gradient Boosted Trees and Neural Networks for Probabilistic Forecasting // International Journal of Forecasting. 2022. Vol. 38, No. 4. P. 1448–1469. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2021.11.005.
10. Hirsch S., Berrisch J., Ziel F. Online Distributional Regression. arXiv:2407.08750. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2407.08750.
11. Barunik J., Hronec M., Tobek O. Forecasting Stock Return Distributions Around the Globe with Quantile Neural Networks. arXiv:2408.07497. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2408.07497.
12. Melina M., Sukono S., Napitupulu H., Mohamed N. Machine Learning-Based Extreme Value Theory in Stock Investment Risk Prediction: A Systematic Literature Review // Big Data. 2025. Vol. 13, No. 2. DOI: 10.1089/big.2024.0208.
13. Wu R. Forecasting the EU Allowance Price Tail Risk with Integrated Deep Belief and Mixture Density Networks // Chaos, Solitons & Fractals. 2025. Vol. 190. Art. 116128. DOI: 10.1016/j.chaos.2024.116128.
14. Li J., Chen W., Zhou Z., Yang J., Zeng D. DeepAR-Attention Probabilistic Prediction for Stock Price Series // Neural Computing and Applications. 2024. Vol. 36. P. 6547–6564. DOI: 10.1007/s00521-023-09378-9.
15. López de Prado M., Simonian J., Fabozzi F. A. Enhancing Markowitz's Portfolio Selection Paradigm with Machine Learning // Annals of Operations Research. 2025. Vol. 346. P. 1–28. DOI: 10.1007/s10479-025-06547-2.
16. Distaso W., López de Prado M. Enhanced Backtesting for Practitioners // Journal of Portfolio Management. 2024. Vol. 50, No. 5. P. 79–96.
17. Cajas D. Backtesting Process // Advanced Portfolio Optimization. Cham: Springer, 2025.
18. López de Prado M., Zoonekynd V. Why Has Factor Investing Failed? The Role of Specification Errors. SSRN Working Paper. 2025.
19. Ghallabi F., Souissi B., Du A. M., Ali S. ESG Stock Markets and Clean Energy Prices Prediction // International Review of Financial Analysis. 2025. Vol. 98. Art. 103940. DOI: 10.1016/j.irfa.2025.103940.
20. Sheng J., Chen L., Chen H., An Y. CVaR-Based Risk Parity Model with Machine Learning // Pacific-Basin Finance Journal. 2025. Vol. 90. Art. 102634. DOI: 10.1016/j.pacfin.2025.102634.
21. Fatouros G., Makridis G., Kotios D., Soldatos J. DeepVaR: Portfolio Risk Assessment Leveraging Probabilistic Deep Neural Networks // Digital Finance. 2023. Vol. 5. P. 483–519. DOI: 10.1007/s42521-023-00080-2.
22. Malandreniotis D. Probabilistic Forecasting Models for Financial Time-Series with Applications to Systematic Portfolio Management: PhD Thesis. London: UCL, 2024.
23. Бурякова А. О., Варнавский А. В., Иванова П. В., Коровин Д. И., Соловьев В. И. Регулирование оборота цифровых финансовых активов на международном уровне // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18, № 5. С. 235–241. DOI: 10.33693/2541-8025-2022-18-5-235-241.
24. Chevalier D., Côté M.-P. From Point to Probabilistic Gradient Boosting for Claim Frequency and Severity Prediction // European Actuarial Journal. 2025. DOI: 10.1007/s13385-025-00408-3.

Разработка системы поддержки принятия решений для устойчивого развития региона

Ильясов Рафаэль Мансурович
аспирант, кафедра: Математические, статистические и инструментальные методы в экономике, Университет «Синергия», Rafael-i2009@yandex.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от реактивного к проактивному управлению региональным развитием в условиях высокой неопределенности, межведомственной разобщенности и дефицита качественных данных для обоснования управленческих решений. Устойчивое развитие региона требует комплексного подхода к учету социальных, экономических и экологических факторов, необходимых для принятия управленческих решений. Ключевой вывод исследования заключается в том, что эффективная система поддержки принятия решений (СППР) для устойчивого развития региона должна строиться на комплексном подходе, интегрирующего методы системной динамики индикаторов устойчивого развития региона, причинно-следственного анализа их изменений и многокритериальной оптимизации. Вклад автора состоит в разработке и апробации трехуровневой СППР, включающей мониторинг, сценарное прогнозирование и оценку обратных связей, а также в формализацию алгоритма согласования разнородных индикаторов устойчивого развития на примере Нижегородской области.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, устойчивое развитие региона, сценарное моделирование, многокритериальная оптимизация, пространственное развитие, индикаторы устойчивого развития, системная динамика, цифровая трансформация управления.

Введение

Управление устойчивым развитием региона сталкивается с рядом системных проблем, снижающих качество и обоснованность принимаемых решений. Во-первых, это фрагментарность данных - информация о социальных, экономических и экологических процессах хранится в различных ведомствах, что затрудняет применения их для проведения комплексного анализа. Во-вторых, существующие информационные системы зачастую искажают данные при передаче их между уровнями управления и не обеспечивают необходимой согласованности между ведомствами [1]. В-третьих, традиционные подходы к прогнозированию, основанные на линейных моделях, не способны учитывать нелинейность и высокую эффективность социально-экономических процессов [2]. В-четвертых, большинство региональных лиц принимающих решение (ЛПР) испытывают дефицит инструментов для оценки долгосрочных последствий принимаемых решений в условиях ограниченности ресурсов.

В качестве решения выделенной проблемы предлагается разработка специализированной СППР, построенной на принципах, ориентированных на конечный результат, при котором система предполагает не просто сбор и обработку данных, а предоставление релевантных, контекстно-зависимых рекомендаций для конкретных управленческих задач [3]. Такая система должна обеспечивать интеграцию разнородных данных из различных источников, сценарное моделирование последствий управленческих решений, многокритериальную оценку альтернатив с учетом баланса трех составляющих устойчивого развития (экономику, социальную сферу и экологию) и представление результатов в форме, доступной для интерпретации ЛПР.

Целью данного исследования является разработка и обоснование специализированной СППР для управления устойчивым развитием региона, обеспечивающую повышение обоснованности и эффективности региональной управленческой деятельности на основе интеграции методов системной динамики, многокритериальной оптимизации и технологий прямого диалога с потребителями.

Для достижения цели поставлены следующие задачи исследования: провести анализ существующих подходов к построению СППР для устойчивого развития региона, выделив их сильные и слабые стороны; разработать концептуальную модель и архитектуру СППР, интегрирующую инструменты мониторинга, прогнозирования и поддержки решений; определить методы и алгоритмы для реализации ключевых функциональных модулей системы; выполнить апробацию разработанной системы на примере Нижегородской области, сформировав сценарии управления ключевыми индикаторами устойчивого развития.

Теоретические основы

Проблема разработки СППР для устойчивого развития региона находится на стыке теории управления, экономико-математического моделирования, информационных технологий и экологической экономики. Анализ научной литературы позволяет выделить несколько концептуальных подходов, каждый из которых имеет свои достоинства и ограничения.

В первую группу входят подходы на основе геоинформационных систем (ГИС). Ряд авторов [4;5] предлагают использовать ГИС как базовую платформу для СППР пространственного развития. В рамках этого подхода разрабатываются модули анализа землепользования, оценки территориальной пригодности и выявления конфликтов землепользования [6]. Положительные стороны данного подхода является наглядность пространственных данных, возможность интеграции со спутниковой информацией, развитые инструменты пространственного анализа. В тоже время у предлагаемого автором подхода есть недостатки, на наш взгляд - это ограниченная применимость для моделирования социально-экономических процессов, слабая поддержка динамического моделирования, зависимость от качества и актуальности пространственных данных.

Загорная Т.О., Коломыцева А.О. и Искра Е.А. обосновывают применение методологии системной динамики для моделирования сложных, нелинейных социально-экономических систем в условиях кризиса и неопределенности [3]. Преимуществом данного подхода является способность моделировать обратные связи и нелинейные эффекты, поддержка долгосрочного сценарного прогнозирования, учет запаздываний в управлении. Недостатком подхода выступает высокая сложность верификации моделей, чувствительность к допущениям о структуре причинно-

следственных связей, трудоемкость калибровки на эмпирических данных.

Коршунов И.В. предлагает использовать искусственные нейронные сети для прогнозирования валового регионального продукта с учетом экологических ограничений [7]. Предлагаемый подход обладает способностью выявлять скрытые нелинейные зависимости, высокая точность прогнозов при наличии достаточного объема данных, адаптивность к изменению условий. В тоже время это является «черным ящиком» так как у него есть сложность в интерпретации результатов, высокие требования к объему и качеству обучающих выборок, риск переобучения.

Следующим следует выделить подходы на основе со-дизайна и вовлечения стейкхолдеров. Stankovics P. с соавторами представляют методологию со-проектирования СППР, в которой пользователи (представители государственных органов, экологических организаций, пространственных планировщиков) активно участвуют в определении требований, тестировании и оценке инструментов поддержки решений [5]. Предлагаемый авторами подход обладает высокой релевантностью системы реальным потребностям пользователей, формирование доверия к рекомендациям системы, учет разнообразных перспектив. В тоже время, предлагаемый подход обладает трудоемкостью процесса, сложностью согласования противоречивых требований и риска доминирования локальных интересов.

Altafini D. с соавторами в рамках проекта DECIDE аргументируют преимущество стратегии, ориентированной на результат над стратегией, основанной на данных в контексте городского и регионального планирования [2]. Ключевая идея заключается в том, что СППР должна предоставлять ответы на практические вопросы проектирования городских систем, а не просто генерировать прогнозы на основе исторических данных. Положительной стороной предлагаемого авторами подхода выступает ориентация на решение реальных управленческих задач, гибкость в условиях меняющихся ограничений. Отрицательные стороны - это сложность формализации целевых состояний, необходимость постоянной адаптации критериев оценки.

Следующим следует выделить подходы на основе гибридной архитектуры. Керснер Д.Е. с соавторами предлагают концептуальную модель информационной системы управления пространственным развитием региона, построенную на основе методологии C4 и предусматривающую создание специализированного хранилища данных [8]. Предлагаемый подход обладает системностью, учетом многоуровневого характера управления, проработанностью архитектурных вопросов. В тоже время он уделяет недостаточным вниманием к алгоритмическому и математическому обеспечению.

Проведенный анализ показывает, что ни один из существующих подходов в отдельности не является достаточным для создания эффективной СППР устойчивого развития региона в современных условиях волатильности экономической среды, что обосновывает необходимость разработки гибридной архитектуры, интегрирующей сильные стороны различных методологий.

Методология исследования

Разработка системы поддержки принятия решений для устойчивого развития региона выполнена на основе композиции методов системного анализа, экономико-математического моделирования и программной инженерии. В таблице 1 представлены этапы разработки СППР для устойчивого развития региона.

Таблица 1

Этапы разработки СППР для устойчивого развития региона [9;10;11;12;13;14;15]

№	Этап	Цель этапа	Применяемые методы
1	Структуризация целей и критериев устойчивого развития	Формирование иерархиче-ской системы индикаторов устойчивого развития региона по трем сферам (экономика, социум, экология)	– Метод анализа иерархий (МАИ) Т.Саати – Метод структуризации целей (дерево целей) – Экспертные опросы (метод Дельфи)
2	Сбор и интеграция данных	Обеспечение системы актуальными, верифицированными и сопоставимыми данными из различных источников	– Методы ETL (Extract, Transform, Load) – Валидация данных (проверка на полноту, выбросы) – Интерполяция и экстраполяция временных рядов
3	Построение имитационной модели системной динамики	Разработка математической модели, отражающей причинно-следственные связи и нелинейную динамику региональной системы	– Системная динамика (метод Дж. Форрестера) – Дифференциальные уравнения (ODE) – Калибровка параметров на исторических данных (метод наименьших квадратов) – Верификация модели (MAPE, R^2)
4	Разработка сценариев развития	Формирование альтернативных траекторий управления регионом на основе варьирования управляющих параметров	– Сценарный анализ (метод «что-если») – Форсайт-методы (дорожные карты) – Экспертные панели (нормативный подход)
5	Многокритериальная оценка альтернатив	Сравнение сценариев по системе разнородных критериев с учетом предпочтений ЛПР	– Метод анализа иерархий (МАИ) – Метод взвешенной суммы (WSM) – Анализ чувствительности (вариация весов на ±20%)
6	Причинно-следственная верификация	Подтверждение каузальных гипотез, заложенных в имитационную модель, на эмпирических данных	– Метод Difference-in-Differences (DiD) – Регрессионный анализ с фиксированными эффектами – Оценка эффекта лечения (ATT)
7	Проектирование архитектуры СППР	Разработка технической архитектуры системы, обеспечивающей интеграцию всех функциональных блоков	– Методология C4 (Context, Containers, Components, Code) – Архитектурные паттерны (микросервисы, event-driven) – Проектирование API (OpenAPI/Swagger)
8	Реализация прототипа СППР	Создание работающего программного прототипа для апробации на данных региона	– Адаптивная разработка (Agile/Scrum) – CI/CD (непрерывная интеграция и доставка) – Тестирование (модульное, интеграционное)
9	Апробация на примере Нижегородской области	Оценка работоспособности и практической применимости СППР на реальных региональных данных	– Кейс-метод (case study) – Юзабилити-тестирование с участием ЛПР (n=10–15) – Сравнительный анализ с существующей практикой управления
10	Интерпретация результатов и формирование рекомендаций	Трансформация численных результатов моделирования в понятные и действенные рекомендации для ЛПР	– Методы визуальной аналитики (дашборды, спидер-граммы, тепловые карты) – Формирование «белых пятен» (неопределенности, требующие дополнительного анализа) - Риск-анализ

Результаты исследования

Апробация разработанной системы поддержки принятия решений проведена на примере Нижегородской области - одного из ключевых промышленно-развитых регионов Приволжского федерального округа. Выбор региона обусловлен высокой степенью дифференциации муниципальных образований по уровню социально-экономического развития, наличием экологически проблемных территорий и активной региональной политикой цифровой трансформации государственного управления.

В рамках системы мониторинга сформирован перечень из 18 ключевых индикаторов устойчивого развития Нижегородской области, сгруппированных по трем сферам:

- экономическая сфера: валовой региональный продукт на душу населения, объем инвестиций в основной капитал, уровень безработицы, доля обрабатывающей промышленности в структуре ВРП, индекс физического объема промышленного производства;
- социальная сфера: ожидаемая продолжительность жизни, уровень бедности, доля населения с высшим образованием, коэффициент естественного прироста, площадь жилья на душу населения;
- экологическая сфера: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сброс загрязненных сточных вод, площадь особо охраняемых природных территорий, доля переработанных отходов, энергоемкость ВРП.

На основе выделенных показателей проведен сбор ключевых индикаторов устойчивого развития Нижегородской области в 2025 году и перспективном 2030 году, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

Ключевые индикаторы устойчивого развития Нижегородской области

Индикатор	Условное обозначение	Значение 2025	Целевой ориентир 2030
Экономическая сфера			
ВРП на душу населения, тыс. руб./чел.	$Э_{ВРП}$	850	1050
Инвестиции в основной капитал, млрд руб./год	$Э_{И}$	320	450
Уровень безработицы, %	$Э_{Б}$	3,8	3,5
Доля обрабатывающей промышленности, % от ВРП	$Э_{ДОП}$	28,5	30,0
Индекс промышленного производства, % к баз пер	$Э_{ИПП}$	101,5	103,0
Социальная сфера			
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	$С_{ОП}$	72,1	76,0
Уровень бедности, % нас.	$С_{УБ}$	9,2	7,0
Доля населения с высшим образованием, %	$С_{ДВО}$	34,5	38,0
Коэффициент естественного прироста, %	$С_{КЕП}$	-3,2	-1,0
Жилье на душу населения, м²/чел.	$С_{ЖДН}$	29,5	32,0
Экологическая сфера			

Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т/год	$ЭК_{ВЗВ}$	485	400
Сброс загрязненных сточных вод, млн м³/год	$ЭК_{СЗС}$	620	520
Площадь ООПТ, тыс. га	$ЭК_{П}$	380	400
Доля переработанных отходов, %	$ЭК_{ДПО}$	18	45
Энергоемкость ВРП, т.у.т./млн руб.	$ЭК_{ЭЕ}$	12,5	9,5

На следующем этапе исследования проведена разработка сценариев развития. С использованием аппарата системной динамики построена имитационная модель, отражающая взаимосвязи между ключевыми переменными региональной системы.

Для каждого сценария используются следующие базовые динамические уравнения. Представим некоторые из них:

- ВРП на душу населения $\frac{d(Э_{ВРП})}{d_t} = \alpha * Э_{И} + \beta * Э_{ИПП} - \gamma * ЭК_{ЭЕ}$ (1)

где α = 0,35 (эластичность ВРП по инвестициям), β = 0,28, γ = 0,12 — коэффициенты, калиброванные по данным 2020–2025 гг. ($R^2 = 0,94$).

- Выбросы загрязняющих веществ

$ЭК_{ВЗВ(t)} = ЭК_{ВЗВ\,(t-1)} * (1 - \delta * INV_{eco}) + \mu * Э_{ИПП}$ (2)

δ = 0,12 - эффект от внедрения «зеленых» инвестиций (эластичность снижения выбросов),

μ = 0,08 - эластичность роста выбросов от промышленного производства.

На основе модели разработаны три сценария управления устойчивым развитием региона на период 2026–2030 гг.

Таблица 3

Сценарии устойчивого развития Нижегородской области

Индикатор	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Экономическая сфера			
$Э_{ВРП}$	942 (+10,8%)	1008 (+18,6%)	981 (+15,4%)
$Э_{И}$	362 (+13,1%)	417 (+30,3%)	391 (+22,2%)
$Э_{Б}$	3,5	3,4	3,3
$Э_{ДОП}$	29,2	31,5	30,0
$Э_{ИПП}$ (2025=100)	112	124	118
Социальная сфера			
$С_{ОП}$	73,5	73,8	75,0
$С_{УБ}$	8,5	8,3	7,2
$С_{ДВО}$	36,0	36,2	37,5
$С_{КЕП}$	-2,3	-2,2	-1,4
$С_{ЖДН}$	30,7	30,8	31,9
Экологическая сфера			
$ЭК_{ВЗВ}$	460 (-5,2%)	396 (-18,4%)	378 (-22,1%)
$ЭК_{СЗС}$	590 (-4,8%)	535 (-13,7%)	512 (-17,4%)
$ЭК_{П}$	390	392	399
$ЭК_{ДПО}$	25	32	42
$ЭК_{ЭЕ}$	11,4	9,9	9,8

Сценарий 1 «Инерционный» предполагает сохранение текущих тенденций и структуры управления. Прогнозируемый темп роста ВРП - 2,1% в год; снижение выбросов загрязняющих веществ - на 5% к 2030 г.; увеличение ожидаемой продолжительности жизни - до 73,5 лет.

Сценарий 2 «Промышленная модернизация» предполагает концентрацию ресурсов на технологической модернизации промышленных предприятий с внедрением наилучших доступных технологий. Прогнозируется темп роста ВРП - 3,4% в год; снижение выбросов загрязняющих веществ - на 18% к 2030 г. за счет экологической модернизации; дополнительный инвестиционный спрос создает риски для социальной сферы при неизменном объеме бюджетных расходов.

Сценарий 3 «Сбалансированное развитие» предполагает реализацию комплекса мер, направленных на одновременное улучшение показателей трех сфер устойчивого развития: стимулирование инвестиций в «зеленые» технологии, развитие социальной инфраструктуры, переход к циркулярной экономике. Прогнозируются темпы роста ВРП - 2,8% в год; снижение выбросов загрязняющих веществ - на 22% к 2030 г.; рост ожидаемой продолжительности жизни - до 75 лет.

На следующем этапе проведена многокритериальная оценка сценариев при использовании метода анализа иерархий Т. Саати и построение матриц попарных сравнений.

Таблица 4

Агрегированная матрица

Критерий	Экономический	Социальный	Экологический	Вектор приоритетов
Экономический	1	2	3	0,5278
Социальный	1/2	1	2	0,3325
Экологический	1/3	1/2	1	0,1396

Источник: составлено автором

С применением метода анализа иерархий выполнено сравнение сценариев по системе критериев с весами, определенными на основе экспертных оценок представителей региональных органов власти (вес экономической сферы - 0,40; социальной - 0,35; экологической - 0,25). Результаты показали, что наиболее предпочтительным является сценарий 3 «Сбалансированное развитие», получивший наибольшую интегральную оценку за счет лучших показателей в социальной и экологической сферах при сохранении приемлемых темпов экономического роста.

Заключение

В результате проведенного исследования достигнута поставленная цель - разработана и обоснована архитектура системы поддержки принятия решений для управления устойчивым развитием региона. Проведен системный анализ существующих подходов к построению СППР устойчивого развития, выявивший необходимость гибридной архитектуры, интегрирующей методы системной динамики, многокритериальной оптимизации и со-дизайна. Разработана трехуровневая концептуальная модель СППР, включающая блок мониторинга, блок сценарного моделирования и блок многокритериальной оценки, что обеспечивает замкнутый цикл поддержки управленческих решений. Проведено многокритериальное сравнение сценариев с использованием метода анализа иерархий. Выполнена апробация разработанной системы на примере Нижегородской области, в рамках которой сформированы и оценены три сценария управления устойчивым развитием, выявлены преимущества сценария сбалансированного развития, одновременно учитывающего экономические, социальные и экологические приоритеты.

Практическая значимость полученных результатов заключается в создании инструментария для перехода от реактивного управления к стратегическому, основанному на доказательствах подходу к региональному развитию. Предложенная архитектура может быть адаптирована для различных регионов Российской Федерации с учетом их специфики, а также интегрирована с существующими государственными информационными системами.

Дальнейшие направления исследований включают разработку методов учета поведенческих факторов при моделировании социально-экономических процессов, интеграцию технологий искусственного интеллекта для автоматического выявления аномалий и предиктивной аналитики, а также расширение функционала системы в части поддержки механизмов общественного участия в принятии решений.

Литература

1. Михайлова С.С., Будаев Е.С., Данилова С.Д., Тимофеев А.Н. Проектирование системы поддержки принятия решений пространственного развития региона // Динамика сложных систем. - 2025. - Т. 19. № 5. - С. 31−39. DOI: 10.18127/j19997493-202505-04.
2. Altafini D., Pezzica C., Bleil De Souza C., Gagarin A., Rosenberg G., Gunner S., Tryfonas T. DECIDE: An outcome-driven decision support system for urban-regional planning // Proceedings of the International Conference on Sustainable Urban Planning. - 2024. - pp. 91-100.
3. Загорная Т.О., Коломыцева А.О., Искра Е.А. Модель гибкой архитектуры систем поддержки принятия решений в управлении восстановлением и развитием новых территорий // Новое в экономической кибернетике. - 2025. - № 3. - С. 130-150.
4. Stankovics P., Schillaci C., Pump J., Birli B., Ferraro G., Munafò M., Di Leginio M., Hermann T., Montanarella L., Tóth G. A framework for co-designing decision-support systems for policy implementation: The LANDSUPPORT experience // Land Degradation & Development. - 2024. - Vol. 35. No. 5. - P. 1902-1912. DOI: 10.1002/ldr.5030.
5. Коршунов И. В. Устойчивое развитие в стратегиях регионов: выбираемые подходы и решения // Экономика региона. - 2023. - № 19(1). - С. 15-28.
6. Senawongse P., Eiumnoh A. Decision Support System Module for Sustainable Land Development for Thailand: A Case of Chonburi Province // Journal of Sustainable Development. - 2019. - Vol. 12. No. 3. - P. 159.
7. Kersten G.E., Mikolajuk Z., Yeh A.G. (eds.) Decision support systems for sustainable development: a resource book of methods and applications. Boston: Kluwer Academic, 2000. - 423 p.
8. Bui T.X. Decision Support Systems for Sustainable Development: An Overview // In: Kersten G.E. et al. (eds.) Decision support systems for sustainable development. Boston: Kluwer Academic, 2002. - P. 1-12.
9. Yeh A.G. Decision support with geographic information systems // In: Kersten G.E. et al. (eds.) Decision support systems for sustainable development. Boston: Kluwer Academic, 2000. - P. 53-72.

10. Воронина Е.В., Ушакова Е.В., Дмитриева Т.А. Особенности реализации стратегий устойчивого развития на региональном уровне управления в условиях глобальных вызовов // Креативная экономика. – 2023. – Том 17. – № 6. - С. 2061–2080.

11. Бородин С. Н. Модель оценки устойчивого развития региона на основе индексного метода // Экономика региона. – 2023. - № 19(1). - С. 45-59.

12. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Системная парадигма как теоретическая основа стратегического управления экономикой в современных условиях // Управленческие науки. - 2023. - № 13 (1). - С. 6-19.

13. Бобылев С.Н., Соловьева С.В., Палт М.В., Ховавко И.Ю. Индикаторы цифровой экономики в целях устойчивого развития для России // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2019. - № 4. – С.24

14. Брычеев, А. С. Применение искусственного интеллекта в органах государственной власти: вызовы и перспективы / А. С. Брычеев // Вестник евразийской науки. - 2024. - Т. 16. - № s6. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://esj.today/PDF/11FAVN624.pdf (дата обращения 23.05.2026)

15. Daugavietis J.E., Soloha R., Dace E., Ziemele J.A. Comparison of Multi-Criteria Decision Analysis Methods for Sustainability Assessment of District Heating Systems // Energies. – 2022. - №15, - P. 2411.

Development of a decision support system for the sustainable development of the region

Ilyasov R.M.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The relevance of the research is determined by the need to move from reactive to proactive management of regional development in conditions of high uncertainty, interdepartmental fragmentation and a lack of high-quality data to justify management decisions. The sustainable development of the region requires an integrated approach to taking into account the social, economic and environmental factors necessary for making managerial decisions. The key conclusion of the study is that an effective decision support system (DSS) for the sustainable development of the region should be based on an integrated approach that integrates methods of system dynamics of indicators of sustainable development of the region, causal analysis of their changes and multi-criteria optimization. The author's contribution consists in the development and testing of a three-level DSS, including monitoring, scenario forecasting and feedback assessment, as well as in the formalization of an algorithm for matching heterogeneous indicators of sustainable development using the example of the Nizhny Novgorod region.

Keywords: decision support system, sustainable development of the region, scenario modeling, multi-criteria optimization, spatial development, indicators of sustainable development, system dynamics, digital transformation of management.

References

1. Mikhailova S.S., Budaev E.S., Danilova S.D., Timofeev A.N. Designing a decision support system for spatial development of the region // Dynamics of complex systems. - 2025. - Vol. 19. No. 5. - pp. 31-39. DOI: 10.18127/j19997493-202505-04.

2. Altafini D., Pezzica S., Bleil De Souza S., Gagarin A., Rosenberg G., Ganner S., Trifonas T. SOLUTION: a result-oriented decision support system for urban and regional planning // Proceedings of the International Conference on Sustainable Urban Planning. - 2024. - pp. 91-100.

3. Zagornaya T.O., Kolomytseva A.O., Iskra E.A. A model of flexible architecture of decision support systems in managing the restoration and development of new territories // New in economic cybernetics. - 2025. - No. 3. - pp. 130-150.

4. Stankovich P., Schillaci S., Pump J., Birli B., Ferraro G., Munafo M., Di Leginio M., Hermann T., Montanarella L., Toth G. The basis for joint design of decision support systems for policy implementation: LANDSUPPORT experience // Land degradation and development. - 2024. - Volume 35. No. 5. - pp. 1902-1912. DOI: 10.1002/ldr.5030.

5. Korshunov I. V. Sustainable development in regional strategies: selected approaches and solutions // The economy of the region. - 2023. - № 19(1). - Pp. 15-28.

6. Senawongse P., Eyumnoh A. Decision support system module for sustainable land development in Thailand: an example of the province of Chonburi // Journal of Sustainable Development. - 2019. - Volume 12. No. 3. - p. 159.

7. Kersten G.E., Mikolayuk Z., Yeh A.G. (eds.) Decision support systems for sustainable development: a handbook of methods and applications. Boston: Kluwer Academy, 2000. - 423 p.

8. Bui T.H. Decision support systems for sustainable development: an overview // In: Kersten G.E. et al. Decision support systems for sustainable development. Boston: Kluwer Academic, 2002. pp. 1-12.

9. Yeh A.G. Decision support using geographic information systems // In collaboration with Kersten G.E. et al. Decision support systems for sustainable development. Boston: Kluwer Academic, 2000. pp. 53-72.

10. Voronina E.V., Ushakova E.V., Dmitrieva T.A. Features of the implementation of sustainable development strategies at the regional management level in the context of global challenges // Creative Economy. – 2023. – Volume 17. – No. 6. - pp. 2061-2080.

11. Borodin S. N. A model for assessing the sustainable development of the region based on the index method // The economy of the region. – 2023. - № 19(1). - Pp. 45-59.

12. Kleiner G.B., Rybachuk M.A. The system paradigm as a theoretical basis for strategic economic management in modern conditions. - 2023. - № 13 (1). - Pp. 6-19.

13. Bobylev S.N., Solovyova S.V., Palt M.V., Khovavko I.Yu. Indicators of the digital economy for sustainable development for Russia // Bulletin of the Moscow University. Series 6. Economics. – 2019. - No. 4. – p.24

14. Brychev, A. S. Public decision-making in a public authority: conclusions and recommendations / A. S. Brychev // Bulletin of Eurasian Science. - 2024. - Vol. 16. - No. c6. – [Electronic resource]. Access mode: https://esj.today/PDF/11FAVN624.pdf (accessed 05/23/2026)

15. Daugavietis Yu.E., Solokha R., Dace E., Ziemele Yu.A. Comparison of methods of multi-criteria analysis of solutions for assessing the stability of district heating systems // Energy. – 2022. - No. 15, - p. 2411.

Интегральная оценка эффективности системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке в условиях цифровой экономики

Кравченко Максим Николаевич
аспирант, РАНХИГС, ИГСУ, awewaxx@gmail.com

Актуальность исследования обусловлена изменениями в управлении промышленными предприятиями и необходимостью комплексной оценки эффективности продвижения промышленных товаров. Цель исследования — разработка методического подхода к интегральной оценке эффективности системы продвижения. В работе изучены существующие методы оценки, уточнен состав показателей и предложен порядок их нормирования. Методическую основу составили системный, процессный и индексный подходы, а также методы сравнительного анализа. Результатом исследования стала методика интегральной оценки эффективности системы продвижения на региональном рынке, основанная на объединении маркетинговых, коммерческих, логистико-сервисных и цифровых показателей. Научная новизна заключается в комплексном учете различных контуров продвижения, а практическая значимость — в повышении качества управленческих решений и эффективности взаимодействия с клиентами.

Ключевые слова: эффективность, система продвижения, цифровая экономика, интегральный подход, интегральный показатель, методика оценки, логистико-сервисные показатели, коммуникационные контуры, цифровая зрелость.

Введение

Развитие цифровой экономики изменяет содержание управленческих процессов на промышленных предприятиях, где эффективность все больше определяется качеством коммуникации с клиентом, скоростью подготовки коммерческих предложений, точностью информации о продукции и прозрачностью условий поставки. Актуальность исследования обусловлена особенностями функционирования региональных рынков промышленных товаров, зависящих от инфраструктуры, инвестиций в НИОКР, состава цепей поставок, уровня цифровой зрелости предприятий и качества межорганизационного взаимодействия. Научный пробел заключается в отсутствии компактного методического подхода, объединяющего маркетинговые, коммерческие, логистико-сервисные и цифровые показатели в единой оценке эффективности системы продвижения. Цель исследования состоит в разработке методического подхода к интегральной оценке эффективности системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке в условиях цифровой экономики. Для достижения цели изучены существующие подходы к оценке эффективности продвижения промышленной продукции, уточнен состав показателей интегрального индекса, предложен порядок нормирования разнонаправленных показателей и формирования интегрального индекса эффективности, а также показана возможность практического применения методики с использованием табличного инструмента расчёта. Теоретической основой исследования стали труды отечественных ученых. Методическая база включает системный, процессный и индексный подходы, а также методы сравнительного анализа, экспертной оценки цифровой зрелости, нормирования показателей, экономико-статистического исследования и табличного моделирования.

Основная часть. Результат исследования

Существующие подходы к оценке эффективности систем продвижения промышленной продукции обычно ориентированы на отдельные аспекты деятельности: маркетинг, продажи, логистику или цифровизацию. В результате управленческая оценка оказывается неполной, поскольку улучшение одних показателей может сопровождаться ухудшением других. Так, Цой М. Е. и Щеколдин В. Ю. разработали кластерный подход к сегментации покупателей промышленного оборудования на основе данных о продажах и покупательской активности [14, с. 96]. Чурсин А. А. и Кокуйцева Т. В. предложили интегральный показатель цифровой зрелости организаций на основе технико-технологических и финансово-экономических показателей [15, с. 450]. Жданеев О. В. представил методику оценки уровня локализации продукции в топливно-энергетическом комплексе [4, с. 782], а Когденко В. Г. рассмотрела показатели эффективности промышленной политики, основанные на финансово-экономических метриках [5, с. 1621]. Поповым Е. В. предложен интегральный показатель оценки инфраструктуры экосистемы фирмы и обоснована необходимость оценки сетевого потенциала предприятия [10, с. 6].

Финкельзон Э. М., Нефедова Л. В., Пришляк Е. А. и Шальмиева Д. Б. разработали методику оценки эффективности маркетплейсов для предприятий легкой промышленности с учетом финансово-экономических, конкурентных, технологических и экологических критериев [8, с. 115]. В работе Поппер Р., Виллarроэль Ю. и Поппер Р. У. представлены показатели оценки адаптивной устойчивости организаций [9, с. 32]. Шухова О. А. и Юрьева О. А. предложили методику оценки эффективности инновационно-технологической модернизации промышленных предприятий [16, с. 193], а Урасова А. А. и соавторы — подход к исследованию эффекта декаплинга [13, с. 1223]. Стеблякова Л. П., Зубкова О. А. и Думанова А. М. выявили особенности продвижения высокотехнологичной продукции на промышленных рынках [11, с. 40].

Вместе с тем ряд исследований не содержит специальных показателей оценки продвижения промышленной продукции. Это относится к работам Голова И. М. [3, с. 70], Сухарева О. С. [12, с. 34], Богдановой М. В. и Богдановой В. Г. [2, с. 51], а также Кондрацкой Т. А. и соавторов [6, с. 119]. Имеются также исследования цифровой трансформации промышленных предприятий, основанные преимущественно на традиционных показателях [7, с. 102].

Представленные методики отражают различные направления внедрения инновационных решений в систему управления промышленными предприятиями. Однако вопросы применения платформенных решений

для анализа систем продвижения промышленных товаров остаются недостаточно изученными, что подтверждает актуальность исследования.

Авторская гипотеза состоит в том, что эффективность системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке может быть более объективно оценена посредством интеграции разнонаправленных показателей в единый индекс. Предлагаемый подход ориентирован на предприятия, использующие цифровые каналы взаимодействия с клиентами, и позволяет выявлять слабые стороны системы продвижения, оценивать результаты цифровой трансформации и обосновывать управленческие решения.

Оценка эффективности системы продвижения должна учитывать специфику промышленного рынка: длительный цикл сделки, высокую стоимость заказа, техническую сложность продукции, участие нескольких лиц в принятии решений и зависимость результата от качества поставки и сервисного сопровождения. Поэтому наряду с маркетинговыми показателями необходимо учитывать показатели логистики и сервиса, включая своевременность поставок, длительность исполнения заказа, количество претензий и удовлетворенность клиентов.

В рамках исследования система продвижения рассматривается как совокупность четырех взаимосвязанных контуров: коммуникационного, коммерческого, логистико-сервисного и цифрового. Они отражают процессы формирования спроса, преобразования интереса клиента в заказ, исполнения обязательств перед покупателем и использования цифровых технологий для повышения эффективности управления продвижением.Такое деление позволяет перейти от разрозненной оценки отдельных функций к интегральной логике управления продвижением. С учётом указанной логики предлагается формировать систему показателей оценки эффективности продвижения по четырём основным блокам (табл. 1). Каждый блок отражает отдельный управленческий контур, но итоговая оценка должна строиться не по отдельности, а в совокупности.

Таблица 1

Блоки оценки эффективности системы продвижения промышленных товаров

Блок оценки	Содержание блока	Примеры показателей	Управленческое значение
Комму-ника-ционный	Формирование инте-реса к продукции и первичного потока обращений.	Трафик, количество лидов, стоимость лида.	Показывает способность предприятия привлекать потенциальных покупателей.
Коммер-ческий	Преобразование обращения клиента в заказ и экономичес-кий результат.	Конверсия, средний чек, стоимость привлечения клиента, возврат маркетинговых инвестиций.	Отражает результативность продаж и экономическую отдачу продвижения.
Логистико-сервисный	Исполнение заказа и сопровождение клиента после продажи.	Своевременность и полнота поставки, цикл исполнения заказа, уровень претензий, удовлетворённость клиента.	Характеризует качество выполнения обязательств и влияние сервиса на повторные продажи.
Цифровой	Использование цифровых каналов, данных и инструментов управления.	Доля онлайн-заказов, уровень цифровой зрелости, наличие цифровых сервисов сопровождения.	Отражает способность системы продвижения работать в цифровом контуре.

Источник: составлено автором.

Представленная группировка показателей отличается от традиционного подхода тем, что она включает в оценку не только результат коммуникаций и продаж, но и качество исполнения заказа. Для промышленного рынка это принципиально важно, поскольку повторные закупки и долгосрочные отношения с клиентом формируются не только на стадии убеждения, но и на стадии выполнения обязательств. Невыполненный срок поставки, отсутствие прозрачной информации о статусе заказа или сложность получения документов способны снизить результативность продвижения даже при высокой эффективности рекламных и сбытовых мероприятий.

Для сопоставления показателей, имеющих разную размерность, без потери управленческого смысла требуется их нормирование. В методическом плане показатели следует разделять на две группы: стимуляторы и дестимуляторы. К стимуляторам относятся показатели, рост которых означает повышение эффективности: количество лидов, конверсия, возврат маркетинговых инвестиций, доля онлайн-заказов, уровень удовлетворённости клиента, своевременность и полнота поставки. К дестимуляторам относятся показатели, снижение которых является положительным результатом: стоимость лида, стоимость привлечения клиента, цикл исполнения заказа, доля рекламаций и количество ошибок в документах (табл. 2).

Таблица 2

Направление влияния показателей на эффективность системы продвижения

Показатель	Блок оценки	Тип показателя	Направление улучшения
Трафик цифровых каналов	коммуникационный	стимулятор	рост
Количество лидов	коммуникационный	стимулятор	рост
Стоимость лида	коммуникационный	дестимулятор	снижение
Конверсия лидов в заказы	коммерческий	стимулятор	рост
Стоимость привлечения клиента	коммерческий	дестимулятор	снижение
Возврат маркетинговых инвестиций	коммерческий	стимулятор	рост
Своевременность и полнота поставки	логистико-сервисный	стимулятор	рост
Цикл исполнения заказа	логистико-сервисный	дестимулятор	снижение
Удовлетворённость клиента	логистико-сервисный	стимулятор	рост
Доля онлайн-заказов	цифровой	стимулятор	рост
Уровень цифровой зрелости	цифровой	стимулятор	рост

Источник: составлено автором.

Для показателей-стимуляторов нормированное значение определяется как отношение текущего значения к базовому. Для показателей-дестимуляторов используется обратное отношение: базовое значение делится на текущее. Такая логика позволяет привести все показатели к единой интерпретации: значение больше единицы означает улучшение; значение, равное единице, отражает сохранение базового уровня; значение меньше единицы указывает на ухудшение.

Интегральная оценка эффективности системы продвижения должна отражать не сумму случайно выбранных показателей, а согласованную структуру процесса продвижения. Поэтому в дальнейшем расчёте используются показатели, которые соответствуют трём условиям: во-первых, они характеризуют ключевые этапы клиентской траектории; во-вторых, по ним можно получить данные в управленческой отчётности предприятия или в цифровых системах; в-третьих, изменение этих показателей связано с конкретными управленческими решениями (табл. 3).

Таблица 3

Источники данных для расчёта показателей эффективности продвижения

Группа данных	Примеры исходных данных	Возможный источник получения
Данные цифровых коммуникаций	Посещаемость сайта, обращения, формы заявок, источники трафика.	Веб-аналитика, личный кабинет, цифровой каталог.
Данные продаж	Лиды, стадии сделки, конверсия, причины отказов, сумма заказа	Система управления взаимоотношениями с клиентами, отчёты отдела продаж.
Экономические данные	Бюджет продвижения, стоимость привлечения клиента, маржинальный результат.	Управленческий учёт, финансовая отчётность.
Логистические данные	Сроки поставки, комплектность, статус отгрузки, цикл исполнения заказа.	Система планирования ресурсов предприятия, складская и транспортная отчётность.
Сервисные данные	Обращения, рекламации, оценки удовлетворённости, повторные заказы.	Сервисная система, опросы клиентов, база претензий.
Данные цифровой зрелости	Наличие цифровых сервисов, степень интеграции, уровень самообслуживания клиента, организационно-сетевая структура экосистемы организации.	Экспертная оценка, аудит цифровых каналов, анализ функциональности цифровых сервисов.

Источник: составлено автором.

Использование указанных источников данных позволяет перевести оценку продвижения из описательной в расчётную плоскость, что особенно важно для предприятий, внедряющих цифровые каналы взаимодействия. Предлагаемый подход устраняет проблему оценки их эффективности за счёт включения показателя цифровой зрелости в общую систему анализа.

Первым этапом методики является формирование набора показателей для интегрального расчёта, вторым — их нормирование относительно базового периода или планового значения, третьим — группировка показателей по блокам и расчёт интегрального индекса.

Методический подход основан на трёх положениях. Во-первых, продвижение промышленной продукции рассматривается как сквозной про-

цесс, объединяющий коммуникации, продажи, логистику, сервис и цифровые данные. Во-вторых, необходимым условием является нормирование разнонаправленных показателей, поскольку как рост, так и снижение отдельных параметров могут свидетельствовать об улучшении эффективности. В-третьих, цифровая зрелость рассматривается как самостоятельный фактор, влияющий на прозрачность, скорость и управляемость взаимодействия предприятия с клиентами. Дальнейшее исследование посвящено расчётной реализации и апробации интегрального индекса эффективности системы продвижения.

Практическая значимость подхода заключается в возможности перехода от описательной характеристики продвижения к количественной оценке его эффективности на основе сопоставимых показателей и их сравнения с базовым состоянием.

Итоговый результат представлен в виде интегрального индекса эффективности системы продвижения (ИЭСП), который рассчитывается как взвешенная сумма нормированных коэффициентов:

$$ИЭСП=\sum W_i \cdot K_i, \quad (1)$$

где Wi – весовой коэффициент i-го показателя;

K_i – нормированное значение i-го показателя;

$\sum W_i = 1$.

Выбор весов основан на управленческой значимости показателей для промышленного рынка. В расчёте повышенный вес получают показатели логистико-сервисного контура.

Отдельным элементом расчёта является показатель цифровой зрелости системы продвижения, который определяется как средняя экспертная оценка по десяти критериям: наличие онлайн-канала продаж, личного кабинета, мобильного канала, цифровых сервисов под сделку, логистических цифровых сервисов, цифровой поддержки, электронных документов, аналитических возможностей, структурных изменений в экосистеме организации (табл. 4) [1, с. 80].

Структурные изменения в экосистеме организации оцениваются по двум показателям. Первый показатель структурной избыточности системы определяет превышение общего количества связей по отношению к минимальному числу p-1, обеспечивающему работоспособность системы. Система с большей структурной избыточностью потенциально более надежна, чем система с меньшей избыточностью.

$$R = \frac{q}{p-1}, \quad (2)$$

где R - показатель структурной избыточности системы;

q – количество ребер в графе системы, которые соответствуют количеству связей между функциональными элементами системы, ед.;

p – количество вершин в графе системы, которые соответствуют количеству узлов обработки информации, ед.

Второй показатель – индекс центральности системы – характеризует степень централизации системы. Чем менее удален i-тый элемент от других элементов, тем больше его центральность и тем больше количество связей осуществляется через него, тем более совершенная система управления.

$$\delta = \frac{(p-1)(2Z_{i\max} - p)}{(p-2)Z_{i\max}}, \quad (3)$$

где δ – индекс центральности системы;

$Z_{i\max}$ – число связей, устанавливаемых через центральный i-тый элемент.

Таблица 4

Оценка цифровой зрелости системы продвижения

Критерий цифровой зрелости	Базовое состояние, балл	Текущее состояние, балл
Онлайн-канал продаж	4	5
Личный кабинет клиента	3	4
Мобильный канал	2	3
Цифровые сервисы под сделку	2	4
Логистические цифровые сервисы	3	4
Цифровая поддержка и обратная связь	3	4
Электронные документы и сертификаты	2	3
Аналитика и платформенность	3	2
Структурная избыточность системы	3	4
Индекс центральности системы	4	5
Итого	29	38
Среднее значение цифровой зрелости	2,9	3,8

Источник: составлено автором.

Полученные значения показывают рост цифровой зрелости с 2,9 до 3,8 балла. Это означает переход от фрагментарного использования цифровых инструментов к более устойчивому цифровому сопровождению сделки. Наиболее заметное улучшение связано с развитием онлайн-канала продаж, личного кабинета, сервисов под сделку, цифровой логистики и поддержки клиента.

Для апробации методики использован расчётный пример, отражающий сопоставление базового и текущего состояния системы продвижения на протяжении клиентской траектории (табл. 5).

Таблица 5

Исходные данные и расчёт интегрального индекса эффективности системы продвижения

Показатель	Тип показателя	Базовое значение	Текущее значение	Коэффициент изменения	Вес	Вклад в ИЭСП
Трафик цифровых каналов, посещений	стимулятор	10000	12400	1,240	0,07	0,087
Количество лидов, ед.	стимулятор	250	310	1,240	0,07	0,087
Конверсия лидов в заказы, %	стимулятор	14	16	1,143	0,10	0,114
Стоимость привлечения клиента, руб.	дестимулятор	18000	16000	1,125	0,10	0,113
Возврат маркетинговых инвестиций	стимулятор	1,25	1,43	1,144	0,10	0,114
Своевременность и полнота поставки	стимулятор	0,84	0,89	1,060	0,14	0,148
Цикл исполнения заказа, дней	дестимулятор	18	15	1,200	0,10	0,120
Удовлетворённость клиента, балл	стимулятор	7,6	8,2	1,079	0,12	0,129
Доля онлайн-заказов, %	стимулятор	22	30	1,364	0,09	0,123
Цифровая зрелость, балл	стимулятор	2,9	3,8	1,287	0,11	0,141
Итого	—	—	—	—	1,00	1,177

Источник: рассчитано автором.

По результатам расчёта значение ИЭСП составило 1,177. Эффективность системы продвижения в текущем состоянии выше по сравнению с базовым периодом на 17,7 %. Наибольший вклад в итоговый результат внесли сокращение цикла исполнения заказа, рост доли онлайн-заказов, повышение цифровой зрелости, увеличение количества лидов и снижение стоимости привлечения клиента.

Для апробации и практического применения методики сформирован табличный инструмент расчёта ИЭСП. Он представляет собой электронную модель, в которую пользователь вводит базовые и текущие значения показателей, указывает тип показателя и весовой коэффициент. Затем автоматически рассчитываются коэффициенты изменения, вклад каждого показателя и итоговое значение индекса по месяцам, кварталам или годам.

Табличный инструмент состоит из трех блоков. Первый блок содержит исходные данные - базовые и текущие значения показателей, единицы измерения и тип влияния на эффективность. Во втором блоке выполняется нормирование показателей. В третьем блоке рассчитывается ИЭСП по формуле (1), вычисляется вклад каждого показателя в итоговый результат.

Таблица 6

Логика работы табличного инструмента расчёта ИЭСП

Блок табличного инструмента	Содержание блока	Управленческий результат
Ввод исходных данных	Базовые и текущие значения показателей, тип показателя, вес.	Формирование расчётной базы.

Нормирование	Автоматический расчёт коэффициентов для стимуляторов и дестимуляторов.	Приведение показателей к сопоставимому виду.
Расчёт интегрального индекса	Определение вклада каждого показателя и итогового значения ИЭСП.	Оценка изменения эффективности системы продвижения.
Диагностика слабых звеньев	Выявление показателей с наименьшими коэффициентами изменения.	Определение направлений управленческого воздействия.
Интерпретация результата	Сравнение индекса с единицей и анализ динамики по блокам.	Подготовка решений по корректировке продвижения.

Источник: составлено автором.

Практическая ценность табличного инструмента состоит в том, что он преобразует методику оценки интегрального показателя в рабочий элемент управленческого контроля, диагностирует причины изменения эффективности. Руководитель ответственного структурного подразделения понимает: если итоговый индекс растёт за счёт трафика и лидов, но при этом ухудшается своевременность поставки, система показывает наличие скрытого ограничения; если снижается стоимость привлечения клиентов, но снижается степень удовлетворения от оказанных услуг, требуется корректировка не рекламного бюджета, а сервиса или логистики.

Обсуждение

Предложенная методика может применяться для различных видов продукции, региональных рынков и каналов реализации. Это позволяет предприятиям определять наиболее эффективные цифровые каналы, выявлять проблемные направления и показатели, ограничивающие рост эффективности.

Корректность оценки во многом зависит от качества исходных данных. Неполная фиксация информации о лидах, заказах, сроках поставки и сервисных обращениях снижает точность интегрального индекса. Поэтому внедрение методики должно сопровождаться регламентами ведения данных, едиными правилами работы с клиентской информацией, контролем исполнения заказов и регулярным обновлением данных о цифровых каналах.

Результаты апробации подтверждают применимость предложенного подхода для оценки системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке. Методика позволяет объединять показатели различной природы, получать интегральную оценку эффективности и сохранять возможность факторного анализа результатов.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило необходимость перехода от оценки отдельных показателей к интегральной оценке эффективности системы продвижения промышленных товаров на региональном рынке. Специфика промышленного сегмента заключается в том, что результат продвижения определяется не только коммуникациями и продажами, но и качеством исполнения заказа, логистического сопровождения, сервиса и повторного взаимодействия с клиентом.

Предложен методический подход к интегральной оценке эффективности системы продвижения, основанный на объединении коммуникационного, коммерческого, логистико-сервисного и цифрового контуров. Для обеспечения сопоставимости показателей использовано их разделение на стимуляторы и дестимуляторы. Включение цифровой зрелости в состав оценки отражает возрастающую роль цифровых технологий в системе продвижения промышленной продукции.

Апробация методики показала рост интегрального индекса эффективности на 17,7 % относительно базового периода. Положительная динамика обеспечена увеличением количества лидов, снижением стоимости привлечения клиента, сокращением цикла исполнения заказа, ростом доли онлайн-заказов и повышением цифровой зрелости.

Литература

1. Алексеева, Н. А. Введение в системный анализ : учебное пособие для направления подготовки «Прикладная информатика» / Н. А. Алексеева. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – 96 с.
2. Богданова, М. В. Роль промышленного маркетинга в продвижении высокотехнологичной продукции / М. В. Богданова, В. Г. Богданова // Управленческий учет. – 2024. – № 1. – С. 49-54. – DOI 10.25806/uu1202449-54.
3. Голова, И. М. Согласование региональных инновационных процессов с приоритетом обеспечения технико-технологической конкурентоспособности РФ / И. М. Голова // Экономика региона. – 2024. – Т. 20, № 1. – С. 63-75. – DOI 10.17059/ekon.reg.2024-1-5.
4. Жданеев, О. В. Оценка уровня локализации продукции при импортозамещении в отраслях ТЭК / О. В. Жданеев // Экономика региона. – 2022. – Т. 18, № 3. – С. 770-786. – DOI 10.17059/ekon.reg.2022-3-11.
5. Когденко, В. Г. Исследование эффективности и результативности промышленной политики на примере электронной промышленности / В. Г. Когденко // Экономический анализ: теория и практика. – 2023. – Т. 22, № 9(540). – С. 1619-1651. – DOI 10.24891/ea.22.9.1619.
6. Кондрацкая, Т. А. Продвижение инновационной продукции на промышленном рынке / Т. А. Кондрацкая, Е. А. Шагина, М. Д. Ищенко // Бизнес. Образование. Право. – 2022. – № 2(59). – С. 117-121. – DOI 10.25683/VOLBI.2022.59.256.
7. Левин, Е. В. Анализ параметрических показателей цифровизации бизнеса России / Е. В. Левин // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2022. – № 1. – С. 100-106. – DOI 10.56584/1560-8816-2022-1-100-106.
8. Оценка эффективности маркетплейсов как фактора обеспечения развития предприятий легкой промышленности / Э. М. Финкельзон, Л. В. Нефедова, Е. А. Пришляк, Д. Б. Шальмиева // Дизайн и технологии. – 2024. – № 104(146). – С. 106-117.
9. Поппер, Р. Моделирование устойчивого подрывного роста: интеграция Форсайта, событий-джокеров и анализа слабых сигналов / Р. Поппер, Ю. Вилларроэль, Р. У. Поппер // Форсайт. – 2025. – Т. 19, № 1. – С. 32-49. – DOI 10.17323/fstig.2025.24753.
10. Попов, Е. В. Экосистемы фирм: формирование исследовательской программы / Е. В. Попов // Управленец. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 2-15. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-1-1.
11. Стеблякова, Л. П. Особенности продвижения высокотехнологичной продукции на B2B-рынке / Л. П. Стеблякова, О. А. Зубкова, А. М. Думанова // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2025. – Т. 11, № 2. – С. 36-45. – DOI 10.18413/2408-9346-2025-11-2-0-3.
12. Сухарев, О. С. Государственное управление импортозамещением: преодоление ограничений / О. С. Сухарев // Управленец. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 33-46. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-1-3.
13. Урасова, А. А. Декаплинг как инструмент оценки устойчивого развития промышленного комплекса / А. А. Урасова, Л. В. Глезман, С. С. Федосеева // Экономика региона. – 2024. – Т. 20, № 4. – С. 1223-1237. – DOI 10.17059/ekon.reg.2024-4-16.
14. Цой, М. Е. Сегментация потребителей промышленного оборудования на основе MRFM-анализа / М. Е. Цой, В. Ю. Щеколдин // Управленец. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 90-99. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-2-7.
15. Чурсин, А. А. Развитие методов оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта / А. А. Чурсин, Т. В. Кокуйцева // Экономика региона. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 450-463. – DOI 10.17059/ekon.reg.2022-2-11.
16. Шухова, О. А. Система показателей и инструменты оценки эффективности внедрения инновационных технологических решений на промышленном предприятии / О. А. Шухова, О. А. Юрьева // Среднерусский вестник общественных наук. – 2025. – Т. 20, № 3(99). – С. 191-214. – DOI 10.22394/2071-2367-2025-20-3-191-214.

Integrated assessment of the effectiveness of the system for promoting industrial goods in the regional market in the digital economy

Kravchenko M.N.
RANEPA

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The relevance of the study is determined by changes in the management of industrial enterprises and the need for a comprehensive assessment of the effectiveness of industrial product promotion. The purpose of the study is to develop a methodological approach to the integrated evaluation of the effectiveness of the promotion system. The research examines existing evaluation methods, clarifies the set of indicators, and proposes a procedure for their normalization. The methodological framework is based on systemic, process, and index approaches, as well as comparative analysis methods. The result of the study is a methodology for the integrated assessment of the effectiveness of the industrial product promotion system in a regional market, based on the combination of marketing, commercial, logistics-service, and digital indicators. The scientific novelty lies in the comprehensive consideration of various promotion dimensions, while the practical significance is reflected in improving the quality of managerial decision-making and enhancing the effectiveness of customer interaction.

Keywords: efficiency, promotion system, digital economy, integral approach, integral indicator, assessment methodology, logistics and service indicators, communication contours, digital maturity.

References

1. Alekseeva, N. A. Introduction to systems analysis: a textbook for the direction of training "Applied informatics "/N. A. Alekseeva. - Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2023. - 96 s.
2. Bogdanova, M.V. The role of industrial marketing in promoting high-tech products/M.V. Bogdanova, V.G. Bogdanova//Management accounting. – 2024. – № 1. - S. 49-54. – DOI 10.25806/uu1202449-54.
3. Head, I. M. Coordination of regional innovation processes with the priority of ensuring the technical and technological competitiveness of the Russian Federation/I. M. Head//Regional Economy. – 2024. - T. 20, NO. 1. - S. 63-75. – DOI 10.17059/ekon.reg.2024-1-5.
4. Zhdaneev, O. V. Assessment of the level of localization of products during import substitution in the fuel and energy sector/O. V. Zhdaneev//Regional Economy. – 2022. - T. 18, NO. 3. - S. 770-786. – DOI 10.17059/ekon.reg.2022-3-11.
5. Kogdenko, V. G. Study of the effectiveness and efficiency of industrial policy on the example of the electronic industry/V. G. Kogdenko//Economic analysis: theory and practice. – 2023. - T. 22, NO. 9 (540). - S. 1619-1651. – DOI 10.24891/ea.22.9.1619.
6. Kondratskaya, T. A. Promotion of innovative products in the industrial market/T. A. Kondratskaya, E. A. Shagina, M. D. Ishchenko//Business. Education. Right. – 2022. – № 2(59). - S. 117-121. – DOI 10.25683/VOLBI.2022.59.256.
7. Levin, E. V. Analysis of parametric indicators of digitalization of Russian business/E. V. Levin//RISK: Resources, Information, Supply, Competition. – 2022. – № 1. - S. 100-106. – DOI 10.56584/1560-8816-2022-1-100-106.
8. Assessment of the effectiveness of marketplaces as a factor in ensuring the development of light industry enterprises/E. M. Finkelzon, L. V. Nefedova, E. A. Prishlyak, D. B. Shalmieva//Design and technology. – 2024. – № 104(146). - S. 106-117.
9. Popper, R. Modeling sustained disruptive growth: integrating Forsyth, joker events and weak signal analysis/R. Popper, Y. Villarroel, R.W. Popper//Forsyth. – 2025. - T. 19, NO. 1. - S. 32-49. – DOI 10.17323/fstig.2025.24753.
10. Popov, E.V. Ecosystems of firms: formation of a research program/E.V. Popov//Manager. – 2023. - T. 14, NO. 1. - S. 2-15. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-1-1.
11. Steblyakova, L.P. Features of promoting high-tech products in the B2B market/L.P. Steblyakova, O. A. Zubkova, A. M. Dumanova//Scientific result. Business and service technologies. – 2025. - T. 11, NO. 2. - S. 36-45. – DOI 10.18413/2408-9346-2025-11-2-0-3.
12. Sukharev, O.S. State management of import substitution: overcoming restrictions/O.S. Sukharev//Manager. – 2023. - T. 14, NO. 1. - S. 33-46. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-1-3.
13. Urasova, A. A. Decapling as a tool for assessing the sustainable development of the industrial complex/A. A. Urasova, L. V. Glezman, S. S. Fedoseeva//Regional Economy. – 2024. - T. 20, NO. 4. - S. 1223-1237. – DOI 10.17059/ekon.reg.2024-4-16.
14. Tsoi, M. E. Segmentation of industrial equipment consumers based on MRFM analysis/M. E. Tsoi, V. Yu. Shchekoldin//Manager. – 2023. - T. 14, NO. 2. - S. 90-99. – DOI 10.29141/2218-5003-2023-14-2-7.
15. Chursin, A. A. Development of methods for assessing the digital maturity of an organization, taking into account the regional aspect/A. A. Chursin, T. V. Kokuitseva//Economy of the region. – 2022. - T. 18, NO. 2. - S. 450-463. – DOI 10.17059/ekon.reg.2022-2-11.
16. Shukhova, O. A. System of indicators and tools for assessing the effectiveness of introducing innovative technological solutions at an industrial enterprise/O. A. Shukhova, O. A. Yurieva//Central Russian Bulletin of Social Sciences. – 2025. - T. 20, NO. 3 (99). - S. 191-214. – DOI 10.22394/2071-2367-2025-20-3-191-214.

Развитие экономического анализа хозяйственной деятельности путем разработки методики построения субординированной управленческой аналитики

Круглова Ангелина Сергеевна
аспирант, МГУ имени М.В. Ломоносова, angelinakruglova25@yandex.ru

Предметом исследования является информационно-аналитическое обеспечение управления деятельностью корпораций. Целью исследования является развитие экономического анализа хозяйственной деятельности путём разработки методических подходов к построению системы управленческой аналитики. Методология исследования базируется на критическом анализе существующих теоретических концепций и перспективных направлений развития предметной области, а также их обобщении и систематизации. В результате исследования предложена комплексная система управленческой аналитики субординированного типа, обоснованы границы и критерии отнесения информации к каждому уровню принятия решений, определены механизмы взаимосвязи и согласования аналитических показателей различных уровней, обозначены подходы к имплементации концепции интегрированного мышления и показателей устойчивого развития. Делается вывод о том, что внедрение методически обоснованной системы управленческой аналитики позволяет сократить транзакционные издержки, снизить аналитическую асимметрию и повысить корпоративную управляемость.

Ключевые слова: управленческая аналитика, экономический анализ, интегрированное мышление, информационно-аналитическое обеспечение, корпоративное управление.

Введение

Современные организации функционируют в условиях нарастающей информационной сложности, когда объём генерируемых данных экспоненциально растёт, а способность управленческих команд извлекать из них действенные аналитические сигналы остаётся ограниченной. Как справедливо отмечают Суйц В.П. и Митрович С., «решение задач информационной экономики требует соответствующих ей методических и программно-технических инструментов, позволяющих эффективно и оперативно анализировать в ретроспекции, в текущем динамическом состоянии и в перспективе совокупность внутренних и внешних показателей деятельности» [3, с. 22]. Вместе с этим компетенции в области аналитики становятся неотъемлемой частью профессиональных стандартов в области учета и анализа хозяйственной деятельности цифровой эпохи [9].

Современные условия ведения бизнеса требуют учета множества факторов, среди которых требования ключевых заинтересованных сторон, повестка в области устойчивого развития и динамичность среды функционирования. Это требует не только повышения качества и транспарентности публичной отчетности, но и усиленного внимания к достижению самих результатов на пути к устойчивому развитию [6], что невозможно без качественной проработки аналитических инструментов и методов [2].

Обзор научной литературы по исследуемой проблеме показывает значимую трансформацию экономического анализа, вызванную расширением его предмета и инструментария. Бариленко В.И. констатирует необходимость интеграции комплексного экономического анализа с принципами стратегического анализа и стейкхолдерского подхода [1]. Центральной идеей выдвигаемого подхода является направленность действующей системы учета на отражение параметров, позволяющих сопоставлять самые разнообразные требования заинтересованных сторон, в том числе касающиеся устойчивого развития, с соответствующими фактическими параметрами бизнеса, а также выявлять разрывы между ними [1]. Когденко В.Г. среди приоритетных направлений развития экономического анализа выделяет развитие прогностической аналитики как «совершенствование методов разработки локальных моделей, а также развитие алгоритмов их последующего агрегирования в единую финансовую модель компании» [2, с. 16]; ESG-аналитику, направленную на оценку эффективности создания ценности для всех поставщиков капитала в концепции интегрированного мышления [2]; и «мониторинг трансформационных процессов, в рамках которого необходимо отслеживать признаки и индикаторы формирования технологических трендов и генерации добавленной стоимости» [2, с. 26]. Суйц В.П. и др. отмечают необходимость перехода к оперативной аналитике, основанной, в частности, на группировке однородных первичных учетных данных для выявления проблем, а также автоматизации принятия оперативных и стратегических решений [18]. Реализация возможностей современных технологических решений в области аналитики обеспечивает мультипликативные эффекты благодаря скорости реализации и приемлемой релевантности данных, положенных в основу управленческих решений [4]. Схожие тренды наблюдаются и в зарубежной академической литературе. Kumar S. et al. в библиометрическом обзоре на тему сбалансированной системы показателей – широко признанной концепции управления корпоративной результативностью – фиксируют среди актуальных направлений: имплементацию показателей устойчивого развития, цифровую трансформацию, а также адаптацию к отраслевой специфике компании [12].

Если традиционный анализ как разложение изучаемого объекта на части с целью их критического изучения был направлен в ретроспекцию, то аналитика охватывает широкое использование данных, статистических и количественных методов, объяснительных и прогностических моделей для принятия решений [8]. Результатом этого синтеза выступает управленческая аналитика – область, объединяющая методы экономического анализа с инструментами управления данными и возможностями информационных технологий.

Проведенный обзор позволяет заключить, что область анализа хозяйственной деятельности претерпевает существенную трансформацию, что проявляется в наличии разрозненных, но взаимодополняющих научных результатов, касающихся отдельных областей его развития. Цель

настоящей статьи – представить обобщенный и систематизированный взгляд на развитие анализа хозяйственной деятельности в виде системы управленческой аналитики. Применяются следующие научные методы: анализ и синтез – для систематизации существующих концепций и выявления их ограничений; структурно-логический метод – для разработки иерархической архитектуры управленческой аналитики; метод классификации – для формирования групп показателей каждого уровня; абстрактно-логический метод – для обоснования принципов иерархической субординации уровней аналитики; сравнительный анализ – для сопоставления классических и современных подходов.

Результаты

Разработанная субординированная управленческая аналитика структурно опирается на трехуровневую иерархию управленческих задач Р. Энтони [5], но дополняет её идеями интегрированного мышления и устойчивого развития, а также современными представлениями об аналитике: каждому уровню управления сопоставляются собственные объекты анализа, горизонт планирования, набор ключевых показателей и источник информации, при этом уровни связаны через формализованные правила агрегации и декомпозиции показателей (см. Таблицу 1).

Таблица 1

Концепция субординированной управленческой аналитики

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ
Целевая задача: согласование интересов стейкхолдеров в виде прямых материальных выгод и результатов социальной и экологической деятельности или воздействия. *Информационный контур* формирует аналитика исполнения требований и ожиданий поставщиков капитала в терминах интегрированного мышления на основании данных, поступающих из тактического и оперативного уровня, сквозь призму *аналитических проекций*: клиентской, рыночной, внутренней ретроспективной. *Функция:* аналитика разрывов, поиск потенциала повышения ценности, оценка восприятия ценности стейкхолдерами.
ТАКТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ
Информационный контур формируется учетно-отчетными показателями, построенными в строгом соответствии с правилами бухгалтерского учета и составления отчетности, а также их производными. *Аналитические блоки* сформированы по элементам финансовой (бухгалтерской) отчетности: доходы, расходы, активы, обязательства, капитал. *Задача:* аналитика эффективности использования капитала и ресурсов, скорости обращения активов и создания денежного потока.
ОПЕРАЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ
Информационный контур формируется данными оперативного учета: складского, производственного, кадрового и т.д. *Ключевое требование:* функциональная связь или корреляция с показателями верхнего уровня. *Аналитические блоки* задаются функциональными областями: производство, управление складом, логистика и управление цепями поставок, управление кадрами, взаимодействие с клиентами и продажи и т.д. *Задача:* аналитика в режиме реального времени.

Источник: разработано автором

Стратегический уровень формулирует запрос на индикаторы исполнения требований заинтересованных сторон, которые трансформируются на исполнительском уровне в систему ключевых показателей для бизнес-направлений и центров ответственности, а затем декомпозируются до уровня операционных показателей цепочки создания стоимости согласно бизнес-модели компании. Содержание стратегического уровня детерминируют внешние триггеры, а система тактического и операционного уровня служит поддержкой в их расчете либо оценке. Концептуальная архитектура методики строится на принципах субординации уровней:

1) *принцип исключительности*: каждый последующий уровень не дублирует предыдущий, а опирается на него как на источник информации и одновременно задаёт требования к структуре этой информации;

2) *принцип двунаправленности информационных потоков*: показатели нижнего уровня предопределяют показатели вышестоящего – результаты, тогда как цели вышестоящего уровня задают ориентиры для нижестоящего – целеполагание (Таблица 2).

3) *принцип причинно-следственной обусловленности*: показатели нижнего уровня предопределяют показатели вышестоящего уровня, т.е. имеют функциональную связь или корреляцию.

4) **Стратегический уровень** ориентирован на оценку эффективности использования различных капиталов и ресурсов, а также степени удовлетворения требований и ожиданий стейкхолдеров в уровне отдачи на инвестированный капитал. Предлагаемый подход в терминах интегрированного мышления исходит из необходимости явного учета интересов поставщиков финансового, физического, человеческого, интеллектуального, социально-репутационного и природного капиталов [19]. Для каждого вида капитала формулируются целевые состояния и набор индикаторов, согласованный с логикой интегрированной отчетности и устойчивого развития, что позволяет сопоставлять выгоды и полезность для различных групп стейкхолдеров, формируя основу для их гармонизации на уровне топ-менеджмента. Например, устойчивый рост показателя возврата на капитал может сосуществовать с деградацией человеческого или природного капитала, что подрывает долгосрочную способность компании создавать ценность для себя. Включение подобных сигналов в стратегическую перспективу аналитики позволяет заблаговременно выявлять несбалансированные траектории развития, параметры которых формализуются в виде «допустимых коридоров» значений показателей, выход за пределы которых инициирует пересмотр стратегии или корректирующих управленческих решений.

Таблица 2

Интерпретация двунаправленности аналитических потоков

Механизм	Направление	Практическая реализация механизма
Целеполагание	С → Т	Формирование финансовой модели, бюджета доходов, расходов, инвестиций и денежных средств, включая бюджет на реализацию ESG-повестки и распределение созданной ценности.
	С, Т → О	Формирование планов, смет, графиков. Доведение нормативов и стандартов, вводных по максимальным производственным мощностям, пропускным способностям и др. исходя их имеющихся ресурсов
Результаты	О → Т	Получение денежного эквивалента операционных результатов согласно функциональной связи или корреляции.
	О, Т → С	Информационно-аналитическая поддержка стратегического уровня: доведение показателей результатов для поставщиков капитала.

Примечание: С- стратегический, Т – тактический, О – операционный уровень.

Источник: разработано автором

Допустимые коридоры могут опираться на следующие проекции: прошлые достижения, разрывы с конкурентами и внешние оценки. Принципиальная особенность стратегического уровня состоит в том, что ни один показатель не рассматривается изолированно: каждое значение интерпретируется в трёх аналитических контекстах – ретроспективном, конкурентном и рыночном.

Внутренняя аналитика базируется на ретроспективных данных, но направлена в будущее: на динамическое измерение стратегических показателей, построение управленчески значимых трендов, анализ волатильности и скорости изменений, оценку стабильности достигнутых результатов и выявление аномальных отклонений, связанных прежде всего с предыдущими результатами для поставщиков капитала. Мониторинг отклонения от трендов позволяет выявить точки перелома и протестировать устойчивость стратегической траектории, при этом особое внимание уделяется показателям, демонстрирующим расхождение между накопленным трендом и разовым результатом. Тем не менее, ориентация исключительно на собственную историю создаёт «ловушку ретроспективного оптимизма»: компания, стабильно улучшающая свои показатели, может не замечать, что конкуренты улучшаются быстрее, а рынок оценивает её всё хуже. В этой связи внутренняя аналитика в ретроспекции необходима, но недостаточна в динамичной рыночной среде.

Конкурентная аналитика позволяет определять позиционирование компании относительно отраслевого окружения на базе сопоставления с медианными и лучшими значениями по группе сопоставимых компаний, работающих в том же отраслевом и географическом контексте. Внимание к конкурентам во многом связано с наличием альтернативной возможности реализации капитала инвесторов, сотрудников, поставщиков и покупателей. Принципиально важно разграничивать два эффекта: конкурентное преимущество компании и общеотраслевой «прилив», поднимающий все показатели одновременно. Информационными источниками служат публичная финансовая и нефинансовая отчётность конкурентов и отраслевые исследования, которые отражают место компании в конкурентном ландшафте, позиционирование в отраслевых кругах и репутацию в области ответственного инвестирования.

Рыночная аналитика формирует внешнее отражение компании – совокупную оценку её стоимости, устойчивости и привлекательности участниками рынка капитала, независимыми агентствами и инвестиционным сообществом. Рыночный контекст включает три аналитических блока:

– *кредитные рейтинги* как внешняя оценка кредитоспособности и финансовой устойчивости по показателям долговой нагрузки и покрытия процентов, уровню кредитного риска и его рыночной оценки, тренду кредитного качества.

– *ESG-рейтинги* как интегральная внешняя оценка нефинансовой устойчивости компании по трём компонентам: экологической (E), социальной (S) и корпоративной (G), – включая ESG-позиционирование, сигналы соответствия требованиям зеленого инвестирования и ESG-инвесторов, динамику позиции и слабые зоны в ESG-рейтинге.

– *биржевые индексы и аналитические обзоры* как сигнал институционального признания, который включает данные о доходности с опережением или отставанием от рыночных индексов; инвестиционной привлекательности и дальнейшего спроса на акции в зависимости от рекомендаций аналитиков (покупать/держать/продавать) для прогнозирования капитализации компании; ликвидность портфеля акций по числу аналитиков, следящих за компанией; долю институциональных инвесторов в акционерном капитале и доля коротких позиций как индикатора недоверия рынка.

Рыночная аналитика представляет собой принципиально иной тип стратегической информации, показывающий как стратегические решения воспринимаются рынком и независимыми наблюдателями. Например, расхождение между внутренней ESG-оценкой (самооценкой) и внешними ESG-рейтингами агентств – один из самых информативных стратегических разрывов, который сигнализирует либо о недостаточном раскрытии информации, либо о реальном отставании в устойчивом развитии относительно конкурентов.

Три направления аналитики формируют замкнутый контрольный цикл: ретроспективная аналитика показывает собственную траекторию, выявляет тренды и драйверы создания ценности для заинтересованных сторон; конкурентная аналитика определяет относительную позицию и тем самым определяет потенциал компании на рынке, ожидания заинтересованных сторон в обеспечении конкурентного уровня отдачи на инвестированный капитал; рыночная аналитика служит внешней оценкой исполнения ожиданий сигнализируя о расхождениях между фактическими результатами и их восприятием и позволяя предсказывать будущие результаты.

Важной частью стратегического уровня является интегральный анализ разрывов. Интерпретация разрывов строится по матрице «величина разрыва × динамика разрыва». Особое внимание уделяется опережающим сигналам: рейтинговое действие, как правило, фиксирует проблему раньше, чем она материализуется в финансовых показателях. Например, *конкурентный разрыв растёт в пользу компании* → конкурентное преимущество укрепляется, необходимо продолжать реализацию стратегии; *разрыв стабилен, нейтральный* → паритет с конкурентными окружением, необходимо усилить рыночную позицию; *разрыв растёт против компании* → стратегический сигнал тревоги, необходимо искать первопричину на тактическом и операционном уровнях аналитики.

Тактический уровень опирается на учетно-отчетные данные и является связующим звеном между стратегически измеримыми результатами и первичными операционными данными. Так, например, снижение углеродного следа (операционный уровень), которое неразрывно связано с инвестициями в энергоэффективные производства (тактический уровень), благоприятно сказывается на состоянии природного капитала (стратегический уровень).

Тактический фокус прежде всего направлен на аналитику элементов финансовой отчётности: доходов, расходов, активов, обязательств и капитала. Несмотря на то, что экономический анализ хозяйственной деятельности во многом опирался на учетно-отчетные показатели, он переживает существенную трансформацию: от расчета агрегированных показателей к многомерной детализированной аналитике, обеспечивающей управленческую прозрачность на уровне центров финансовой ответственности, статей затрат, контрагентов и отчетных периодов. Ключевым отличием от традиционного анализа является переход от расчетных оценок к прямому измерению показателей (например, срока оборачиваемости дебиторской задолженности). Это связано с возможностями аналитики движений по счетам, включая аналитику скорости оборачиваемости средств и создания стоимости, а также реальной, а не оценочной, длительности операционного, производственного и финансового цикла в разрезе каждого контрагента: от момента оприходования материалов и оплаты поставщику до момента оплаты готовой продукции и отгрузки покупателю.

Перспективным направлением является аналитика расходов, позволяющая на базе реальных драйверов распределения расходов идентифицировать процесс создания ценности в управленческом учете для дальнейшего соотнесения с доходной частью и аналитики в разрезе клиентских сегментов, каналов продаж и типов продуктов. Аналитика расходов направлена на выявление неэффективного использования капитала и ресурсов, с целью перераспределения средств на более перспективные проекты либо распределения между поставщиками капитала. Её значимость в контексте крупных корпораций определяется сложностью выявления неоптимального или «холостого» использования средств, а также установления связи между вложенной единицей денежных средств и конечной стоимостью для потребителя ввиду участия множества функциональных подразделений в процессе её создания.

Операционный уровень является фундаментом субординированной системы и содержит наибольший объем данных технико-экономического характера, которые формируются непосредственно в ходе производственных и хозяйственных процессов (см. Таблицу 3). Направления аналитики в первую очередь определяются бизнес-моделью компании и цепочкой создания ценности, декомпозированной на функциональные подразделения, цеха, лаборатории, склады, коммерческие и кадровые службы.

Таблица 3

Примерное содержание операционной аналитики

Задача	Содержание	Примерные показатели
1. Производственная аналитика		
трансляция производственных результатов и потерь в себестоимость и операционную прибыль	данные о выпуске, загрузке мощностей, потерях и браке по цехам и участкам	общая эффективность оборудования; коэффициент загрузки мощностей; удельный расход материалов; объём незавершённого производства; длительность производственного цикла
2. Складская аналитика		
снижение затрат на хранение и обработку грузов; обеспечение бесперебойного товарного потока как условия выполнения плана отгрузок	данные о движении товарно-материальных ценностей, загрузке складских мощностей, операциях приёмки, размещения, комплектации и отгрузки	точность складского учёта по данным физического остатка; доля безошибочных заказов; время выполнения заказа; коэффициент использования складских площадей; стоимость складской обработки единицы продукции; доля просроченных запасов; коэффициент оборачиваемости в разрезе складских ячеек
3. Аналитика цепи поставок		
оптимизация оборотного капитала; снижение риска производственных срывов из-за сбоев в цепи поставок	движение сырья, материалов и готовой продукции от поставщика до покупателя;	доля поставок без ошибок, в срок, в полном объёме; оборачиваемость запасов; точность прогноза спроса; своевременность поставок; доля неликвидных запасов
4. EHS-аналитика		
формирование исходных данных для экологической и социальной компоненты	первичные данные экологического мониторинга, охраны труда и промышленной безопасности по цехам и установкам	выбросы парниковых газов (Scope 1+2); производственный травматизм; удельное водопотребление; удельное энергопотребление; объём отходов I–IV класса опасности; количество предаварийных ситуаций
5. Аналитика персонала (HR-аналитика)		
повышение производительности труда как драйвера экономически добавленной стоимости	данные из систем управления персоналом, учёта рабочего времени и расчёта заработной платы	коэффициент текучести кадров; время закрытия вакансии; коэффициент прогулов; выручка на одного сотрудника; индекс лояльности персонала; стоимость подбора одного сотрудника; рентабельность человеческого капитала
6. Клиентская аналитика		
прогнозирование выручки; повышение доходности; управление долей рынка	данные системы управления взаимоотношениями с клиентами о воронке продаж, клиентской базе, сделках и лояльности	конверсия воронки продаж; доля выигранных сделок; средний чек; наполненность портфеля заказов; длительность цикла сделки; коэффициент удержания клиентов; индекс потребительской лояльности
7. Аналитика продаж		
выявление наиболее доходных продуктов, каналов и клиентских сегментов; оптимизация коммерческих расходов	данные о фактических продажах в разрезе продуктов, каналов сбыта, регионов, менеджеров и клиентских сегментов;	объем продаж; средняя стоимость сделки; длительность цикла продажи; доля повторных покупок; коэффициент кросс-продаж и апселла; стоимость привлечения клиента; пожизненная ценность клиента; доля просроченной дебиторской

Источник: составлено автором на базе источников [7, 10-11, 13-17].

Важным элементом является имплементация ESG-повестки на операционный уровень, в этой связи каждое подразделение должно быть ориентировано на снижение негативного воздействия на капиталы (например, снижение углеродного следа, минимизацию травматизма и пр.), а ответственность за создание ценности для различных поставщиков капитала – распределена между подразделениями в такой комбинации, которая приводит к максимизации совокупной создаваемой ценности.

Обсуждение

Внедрение методически обоснованной системы управленческой аналитики создаёт три взаимосвязанных эффекта. Во-первых, *сокращение транзакционных издержек* за счет реализации сквозного принципа, позволяющего в режиме реального времени обращаться к первичным данным без дополнительных запросов к исполнителям; а также исключения дублирования аналитической работы ввиду разграничения анали-

тических задач по уровням. Во-вторых, *снижение аналитической асимметрии* через двунаправленность информационных потоков: восходящий обеспечивает верифицируемость показателей и транслирует первичные данные в стратегические сигналы; нисходящий поток декомпозирует стратегические ориентиры в целевые установки, устраняя неопределённость, агентскую проблему и снижение качества принимаемых решений. В-третьих, *повышение корпоративной управляемости*, за счет наличия явных причинно-следственных связей между уровнями аналитической иерархии, реализации механизма эскалации отклонений при выходе операционного показателя за пределы допустимого коридора и сокращения временного лага между возникновением проблемы и управленческой реакцией, а также включения в стратегический уровень рыночных сигналов как независимого контрольного контура, соответствующего принципу сдержек и противовесов в корпоративном управлении.

Ограничения. Методика носит универсальный характер, но требует адаптации на практике, поскольку набор операционных показателей существенно различается для банковского сектора, добывающей промышленности, металлургии, химии, пищевой промышленности, розничной торговли. Рыночные сигналы, включённые в стратегический уровень, доступны в полном объёме преимущественно для публичных компаний, которые охвачены аналитическим покрытием. Возможности управленческой аналитики зависят от уровня зрелости информационно-технологической инфраструктуры, поскольку предполагает обработку больших объёмов данных.

Заключение

В соответствии с обозначенной целью предложена концепция управленческой аналитики субординированного типа. На стратегическом уровне сформированы блоки ключевых результирующих показателей, соотносимых с историческими достижениями компании, показателями конкурентов и внешними рыночными оценками. На тактическом уровне предложен переход от агрегированных учётно-отчётных показателей к детализированной многомерной аналитике расходов, оборачиваемости запасов по счетам учёта, движения денежных средств и создания стоимости в разрезе центров ответственности. На операционном уровне систематизированы конкретные группы показателей по функциональным аналитическим блокам: производственная аналитика, складская аналитика, аналитика цепи поставок, EHS-аналитика, HR-аналитика, клиентская аналитика, аналитика продаж.

Литература

1. Бариленко В. И. Корпоративный бизнес-анализ как инструмент обеспечения стратегического развития экономических субъектов //Учет. Анализ. Аудит. – 2025. – Т. 12. – №. 2. – С. 6-13.
2. Когденко В. Г. Развитие экономического анализа: прогностическая аналитика, ESG-аналитика, анализ трансформационных процессов на мезо- и микроуровнях //Учет. Анализ. Аудит. – 2025. – Т. 12. – №. 2. – С. 14-28.
3. Митрович С., Суйц В.П. Возможности бизнес интеллекта в повышении эффективности экономического анализа в ходе стрессового функционирования экономики в условиях пандемии //Финансы и управление. 2021. – № 4. – С 21-37.
4. Митрович С. Потенциал бизнес-интеллекта для развития анализа финансовой и нефинансовой информации в хозяйственной деятельности компаний //Финансы и управление. – 2023. – №. 1. – С. 69-82.
5. Anthony, R N. Planning and Control: a Framework for Analysis // Cambridge MA: Harvard University Press. –1965.
6. Arvidsson S., Dumay J. Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: where to now for environmental policy and practice? // Business strategy and the environment. – 2022. – Т. 31. – №. 3. – С. 1091-1110.
7. Basu R. et al. Marketing analytics: The bridge between customer psychology and marketing decision-making // Psychology & Marketing. – 2023. – Т. 40. – №. 12. – С. 2588-2611.
8. Davenport T. H. et al. Competing on analytics //Harvard business review. – 2006. – Т. 84. – №. 1. – С. 98.
9. Gould S. Building Data Science and Analytics Capabilities in Finance and Accounting // IFAC Knowledge Gateway. 2019. URL: https://www.ifac.org/knowledge-gateway/discussion/building-data-science-and-analytics-capabilities-finance-and-accounting
10. Hussain W., Khan S., Mover A. H. Development of quality, environment, health, and safety (QEHS) management system and its integration in operation and maintenance (O&M) of onshore wind energy industries //Renewable energy. – 2022. – Т. 196. – С. 220-233.
11. Jabado R., Jallouli R. Enhancing customer relationship management with data analytics: Insights from retail survey //Journal of Telecommunications and the Digital Economy. – 2024. – Т. 12. – №. 2. – С. 76-96.
12. Kumar S. et al. Balanced scorecard: trends, developments, and future directions //Review of managerial science. – 2024. – Т. 18. – №. 8. – S. 2397-2439.
13. Muchiri P., Pintelon L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion //International journal of production research. – 2008. – Т. 46. – №. 13. – С. 3517-3535.
14. Oliveira F., Belitski M., Perez-Vega R. Sales digitization and sales process optimisation for firm performance: Evidence from European firms //Technological Forecasting and Social Change. – 2025. – Т. 217. – С. 124-172.
15. Saleheen F., Habib M. M. Embedding attributes towards the supply chain performance measurement //Cleaner Logistics and Supply Chain. – 2023. – Т. 6. – С. 100090.
16. Staudt F. H. et al. Warehouse performance measurement: a literature review //International Journal of Production Research. – 2015. – Т. 53. – №. 18. – С. 5524-5544.
17. Stefana E. et al. Resource Overall Equipment Cost Loss indicator to assess equipment performance and product cost //International Journal of Productivity and Performance Management. – 2024. – Т. 73. – №. 11. – С. 20-45.
18. Suits, V. P. Change from economic analysis to operational analytics and corporate analysis in innovative entrepreneurship / V. P. Suits, A. N. Khorin, Yu. M. Potanina // Academy of Entrepreneurship Journal. – 2019. – Vol. 25, No. S1. – P. 242.
19. Международный совет по интегрированной отчетности (МСИО). Международный стандарт: URL: https://www.ifrs.org/issued-standards/integrated-reporting/ (дата обращения: 20.05.2026).

Developing a subordinated management analytics methodology to advance economic analysis of business activities

Kruglova A.S.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The subject of the research is information and analytical support for corporate management. The purpose of the research is to advance the methodology of economic analysis by constructing a subordinated management analytics system. The research methodology is based on a critical analysis of existing theoretical concepts and promising areas of development of the subject area, as well as their generalization and systematization. As a result of the research, a comprehensive subordinated management analytics system is proposed, the boundaries and criteria for attributing information to each level of decision-making are substantiated, the mechanisms for linking analytical indicators of various levels are identified, and approaches to implementing the concept of integrated thinking and indicators of sustainable development are outlined. It is concluded that the introduction of the management analytics system makes it possible to reduce transaction costs, reduce analytical asymmetry and enhances corporate governance effectiveness.

Keywords: management analytics, economic analysis, integrated thinking, corporate governance, information and analytical support.

References

1. Barilenko V.I. Corporate Business Analysis as a Vital tool for Guiding the Strategic Growth of Economic Entities. Accounting. Analysis. Auditing. – 2025. – T. 12. – №. 2. – P. 6-13.
2. Kogdenko V.G. Development of economic analysis: Predictive analytics, ESG analytics, analysis of transformation processes at the meso- and micro-levels. Accounting. Analysis. Auditing.– 2025. – T. 12. – №. 2. – P. 14-28.
3. Mitrovich S., Suyts V.P. Vozmozhnosti biznes intellekta v povyshenii effektivnosti ekonomicheskogo analiza v khode stressovogo funktsionirovaniya ekonomiki v usloviyakh pandemii / Finansy i upravleniye. 2021. – № 4. – P. 21-37.
4. Mitrovich S. Potentsial biznes-intellekta dlya razvitiya analiza finansovoy i nefi-nansovoy informatsii v khozyaystvennoy deyatel′nosti kompaniy //Finansy i upravle-niye. – 2023. – №. 1. – P. 69-82.
5. Anthony, R N. Planning and Control: a Framework for Analysis // Cambridge MA: Harvard University Press. –1965.
6. Arvidsson S., Dumay J. Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: where to now for environmental policy and practice? //Business strategy and the environment. – 2022. – T. 31. – №. 3. – P. 1091-1110.
7. Basu R. et al. Marketing analytics: The bridge between customer psychology and marketing decision-making //Psychology & Marketing. – 2023. – T. 40. – №. 12. – P. 2588-2611.
8. Davenport T. H. et al. Competing on analytics //Harvard business review. – 2006. – T. 84. – №. 1. – P. 98.
9. Gould S. Building Data Science and Analytics Capabilities in Finance and Accounting //IFAC Knowledge Gateway. 2019. URL: https://www.ifac.org/knowledge-gateway/discussion/building-data-science-and-analytics-capabilities-finance-and-accounting.
10. Hussain W., Khan S., Mover A. H. Development of quality, environment, health, and safety (QEHS) management system and its integration in operation and maintenance (O&M) of onshore wind energy industries //Renewable energy. – 2022. – T. 196. – P. 220-233.

Моделирование взаимосвязей на рынке дентальных имплантатов на основе асимметричной векторной авторегрессии

Лежнин Даниил Сергеевич
аспирант, кафедра статистики и эконометрики, Санкт-Петербургский государственный *экономический университет*, lezdaniil@yandex.ru

Рынок дентальных имплантатов активно развивается, что обуславливает необходимость его исследования. Целью исследования является определение тенденций и сезонности спроса на рынке дентальных имплантатов. Были использованы методы декомпозиции временных рядов (исключение трендовой компоненты), моделирования и другие. В статье рассматривается модель асимметричной векторной авторегрессии спроса на рынке дентальных имплантатов на примере компании-производителя. Данные получены за период с начала 2022 по 2025 годы в месячном разрезе. Представлены результаты построения модели и дана их экономическая интерпретация. В рамках исследования получен вывод о доминирующей роли канала «заработная плата → оборот» и значимой обратной связи через результирующий показатель *Y*, формирующей самоподдерживающийся цикл в краткосрочной динамике системы. Также получен вывод о низкой ценовой эластичности спроса.
Ключевые слова: анализ временных рядов, векторная авторегрессия, асимметричная векторная авторегрессия, рынок дентальных имплантатов, спрос, тренд.

Введение

В существующих экономических реалиях возрастает противоречие между высокой потребностью населения РФ в стоматологической реабилитации (в связи с демографическим старением и низким уровнем профилактики кариеса) и снижением доступности качественного имплантологического лечения на фоне экономической турбулентности и санкционных ограничений. Существующие научные работы описывают общий рынок медицинских услуг, но комплексное влияние макроэкономических (инфляция, курс валют), социальных (доход, доверие к брендам) и отраслевых (дефицит компонентов, появление локальных производителей) факторов на спрос именно на дентальные имплантаты в условиях предыдущих лет системно не изучалось, что обуславливает актуальность исследования.

Цель исследования – установление взаимосвязей между экономическими показателями и показателем спроса компании-производителя дентальных имплантатов. Для достижения данной цели должны быть выполнены следующие задачи:

– подготовка данных к анализу;

– составление модели асимметричной векторной авторегрессии и оценка её характеристик;

– определение ограничений модели;

– интерпретация полученных результатов.

Исследовательская гипотеза: на спрос дентальных имплантатов оказывают влияние среднемесячная заработная плата работников по полному кругу организаций, среднемесячная цена удаления зуба и среднемесячный оборот компаний-производителей прочих товаров.

Материалы и методы

Основным методологическим источником исследования является работа *Shin Y., Yu B., Greenwood-Nimmo M.* «*Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework*» (2014). Авторы предложили нелинейную *ARDL*-модель (*NARDL*), позволяющую моделировать и тестировать как краткосрочную, так и долгосрочную асимметрию. Подход, лежащий в основе *AVAR*, является многомерным расширением их методики.

В настоящей работе были исследованы временные ряды продаж компании–производителя «*Lenmiriot*» с 2022 года по 2025 год в месячном выражении (переменная *Y* в модели). Компания специализируется на производстве имплантационных систем и их компонентов. В качестве регрессоров были выбраны среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций (переменная «*salar*»), среднемесячная цена удаления зуба (переменная «*price*») и среднемесячный оборот компаний-производителей прочих товаров (переменная «*vol*»). Последние три временных ряда получены из открытых источников Федеральной службы государственной статистики РФ.

Для достижения поставленной цели была использована модель асимметричной векторной авторегрессии (*AVAR*). На первом шаге исследования из временных рядов были удалены трендовые составляющие. Дальнейшее исследование проводилось на языке программирования «*Python 3*» в среде разработки «*JetBrains PyCharm* 2025.3.2.1». Использовались открытые библиотеки «*pandas*», «*numpy*», «*scipy*» и «*statsmodels*».

Результаты исследования

Построение модели проведено в соответствии с общепринятой последовательностью этапов: проверка стационарности рядов, приведение нестационарных рядов к стационарному виду через первые разности, выбор оптимального лага, оценка симметричной и асимметричной *VAR*-моделей, диагностика остатков модели (тесты на автокорреляцию, *ARCH*-эффекты и нормальность) и содержательная интерпретация результатов.

Для проверки соответствия данных требованиям модели *AVAR* проведён расширенный тест Дики–Фуллера для каждого из четырёх рядов. По результатам теста переменные *Y, vol u salar* оказываются стационарными на 5-процентном уровне значимости ($p < 0{,}05$). Переменная *price* нестационарна в уровнях ($p = 0{,}68$): нулевая гипотеза о наличии единичного корня не отвергается, следовательно, оценивание *VAR*-модели на исходных рядах привело бы к ложной регрессии. В соответствии с методологией исследования необходимо перейти к первым разностям и повторно проверить стационарность.

Все четыре ряда в первых разностях стационарны на 1-процентном уровне значимости (*p*-значения практически равны нулю). Условие стационарности для построения *VAR*-модели выполнено. Дальнейший анализ проводится исключительно на разностных рядах *dY, dvol, dprice и dsalar*.

Оптимальный порядок лагов выбирался по информационным критериям Акаике (*AIC*), Байесовскому (*BIC*), Ханнана–Квинна (*HQIC*) и *FPE* на сетке $p = 0…6$. В качестве рабочего лага принят $p = 2$.

Согласно методологии Шина, Ю и Гринвуд-Ниммо (*Shin et al.*, 2014) на остатках вспомогательной симметричной *VAR*(2)-модели сформированы накопленные положительные и отрицательные компоненты шоков для каждой переменной.

Все четыре уравнения значимы в целом (*p*-значения существенно ниже 0,01). Наибольшая объясняющая способность зафиксирована у уравнений с зависимыми переменными *dvol* ($R^2 = 0,84$) и *dsalar* ($R^2 = 0,78$); средняя — с *dY* ($R^2 = 0,77$) и *dprice* ($R^2 = 0,62$).

Полученные оценки модели были протестированы в рамках обозначенной методики. Для трех уравнений модели тесты показали соответствие условиям, однако для уравнения цены удовлетворяет только двум тестам. Также были проверены модели для первого и третьего лагов. При первом лаге получена для разностей результирующего показателя остаточная автокорреляция (*LB*(4): $p = 0,017 < 0,05$), что не соответствует требованиям. При третьем лаге качество тестов сопоставимо моделью со вторым лагом, при этом значительно увеличивается число оцениваемых параметров при небольшом выигрыше в подгонке. Как итог, выбрана модель *AVAR*(2) как наиболее оптимальная.

На основе построенной модели можно сделать следующие выводы. Сильная и устойчивая связь между заработной платой и оборотом позволяет рассматривать динамику первого показателя как ключевой опережающий индикатор для прогнозирования оборота на ближайшие 1–2 периода.

Цена обладает ограниченным трансмиссионным эффектом. Низкая ценовая эластичность спроса в рассматриваемой системе означает, что ценовая волатильность оказывает слабое прямое воздействие на оборот и *Y*. Это может быть характерно для рынков с низкой конкуренцией, незаменяемыми товарами или для бюджетных категорий потребителей. Продукт исследуемой компании ориентирован на низкий ценовой сегмент потребителей, что подтверждает эффективность построенной модели.

Связь результата с заработной платой работает в обоих направлениях. Положительные изменения *Y* значимо передаются в заработную плату, а высокая заработная плата поддерживает оборот, который, в свою очередь, формирует результат. Это положительный самоподдерживающийся цикл, который при неблагоприятных шоках может работать в обратном направлении (отрицательная спираль).

Учитывая стационарность остатков, отсутствие автокорреляции и *ARCH*-эффектов, модель пригодна для краткосрочного прогнозирования на 1–4 периода вперёд. Долгосрочные прогнозы (5 и более периодов) требуют дополнительной верификации на устойчивость через анализ корней характеристического полинома и построение импульсных откликов с доверительными интервалами (бутстрэп).

Низкое количество наблюдений (48 периодов) снижает эффективность проводимых тестов значимости, что говорит о необходимости увеличение временного интервала, либо агрегации данных, что в свою очередь затруднено из-за высокой частотности данных.

Для проверки долгосрочной асимметрии необходимо добавить в анализ модель *NARDL*, которая применяет подход коинтеграции и допускает работу с переменными смешанного порядка интегрирования $I(0)/I(1)$, что в свою очередь позволит выявить асимметричные явления не в разностях, а в уровнях.

Несмотря на указанные ограничения, полученные результаты модели можно экономически интерпретировать и использовать в прогнозах и управленческих решениях на основании взаимосвязей между среднемесячной зарплатой, оборотом и показателем спроса компании. Проведенное исследование показало, что основным является канал «заработная плата – оборот» и значимая обратная связь через выручку производителя, формирующую устойчивую систему в краткосрочном периоде.

Заключение

Метод асимметричной векторной авторегрессии является эффективной аналитической методикой для изучения нелинейных взаимосвязей между экономическими показателями. Его преимущество перед классической *VAR*-моделью заключается в способности выявлять расхождения в реакции системы на положительные и отрицательные шоки, что применимо на финансовых рынках, при анализе цен, а также исследований эффектов от экономических решений.

Помимо прочего, использование модели требует соблюдения предварительных условий, которые были описаны выше. Данное условие позволяет сделать корректные выводы о протекающих процессах в рассматриваемом сегменте экономики. Полученные выводы доказали возможность применения модели в рамках рынка дентальных имплантатов.

В исследовании удалось установить взаимосвязи между спросом на продукцию компании-производителя имплантационных систем, оборотом производителей прочих товаров и заработной платой работников. При этом влияние цен на результирующий показатель незначительно. Дальнейшее исследование будет ориентировано на изменение состава регрессоров, увеличение объема выборки, а также построение других моделей семейства *VAR* и их сравнение.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики. – Текст : электронный // Росстат : [официальный сайт]. – Москва, 2026. – URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 12.05.2026)
2. Shin Y., Yu B., Greenwood-Nimmo M. Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. – Текст : электронный // The Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications / ed. by R. Sickles, W. Horrace. – New York : Springer, 2014. – С. 281–314. – ISBN 978-1-4899-8007-6. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-8008-3_9 (дата обращения: 12.05.2026)
3. Sims C. A. Macroeconomics and Reality // Econometrica. – 1980. – Vol. 48, No. 1. – P. 1–48. – DOI 10.2307/1912017. – URL: https://www.jstor.org/stable/1912017 (дата обращения: 12.05.2026). – Текст : электронный.
4. Granger C. W. J., Yoon G. Hidden Cointegration. – Текст : электронный // SSRN : [сайт]. – Rochester, 2002. – 49 с. – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=313831 (дата обращения: 12.05.2026)
5. Lütkepohl H. New Introduction to Multiple Time Series Analysis. – Текст : электронный. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2005. – 1 online resource (XXI, 764 p.). – URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-27752-1 (дата обращения: 12.05.2026). – ISBN 978-3-540-40172-8, 978-3-540-26239-8, 978-3-540-27752-1

Modeling interrelationships in the dental implant market based on asymmetric vector autoregression

Lezhnin D.S.
St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The dental implant market is rapidly developing, necessitating its research. The aim of this study is to identify trends and seasonality of demand in the dental implant market. Time series decomposition (excluding the trend component), modeling, and other methods were used. This article examines an asymmetric vector autoregression model of demand in the dental implant market using a manufacturing company as an example. Data was collected for the period from early 2022 to 2025 on a monthly basis. The results of the model construction are presented and their economic interpretation is provided. The study concludes that the "wages → turnover" channel plays a dominant role, with significant feedback through the resulting Y indicator forming a self-sustaining cycle in the short-term dynamics of the system. It also concludes that the price elasticity of demand is low.

Keywords: time series analysis, vector autoregression, asymmetric vector autoregression, dental implant market, demand, trend.

References

1. Federal State Statistics Service. – Electronic version // Rosstat: [official website]. – Moscow, 2026. – URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 12.05.2026)
2. Shin Y., Yu B., Greenwood-Nimmo M. Modeling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. – Electronic version // The Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications / ed. by R. Sickles, W. Horrace. – New York : Springer, 2014. – pp. 281–314. – ISBN 978-1-4899-8007-6. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-8008-3_9 (accessed: 12.05.2026)
3. Sims C. A. Macroeconomics and Reality // Econometrica. – 1980. – Vol. 48, No. 1. – P. 1–48. – DOI 10.2307/1912017. – URL: https://www.jstor.org/stable/1912017 (accessed: 12.05.2026). – Text : electronic.
4. Granger C. W. J., Yoon G. Hidden Cointegration. – Text : electronic // SSRN : [site]. – Rochester, 2002. – 49 p. – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=313831 (date of access: 12.05.2026)
5. Lütkepohl H. New Introduction to Multiple Time Series Analysis. – Text: electronic. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. – 1 online resource (XXI, 764 p.). – URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-27752-1 (date of access: 12.05.2026). – ISBN 978-3-540-40172-8, 978-3-540-26239-8, 978-3-540-27752-1

Влияние пандемии COVID-19 на предприятия Республики Саха (Якутия): байесовский анализ и кластеризация 2017–2024 годов

Местников Семен Владимирович
к.ф.-м.н., доцент кафедры математической экономики и прикладной информатики, Институт математики и информатики, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, mestsv@mail.ru,

Солиман Мохсен
магистрант кафедры математической экономики и прикладной информатики, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, mohsen.soliman.s01@gmail.com

Работа посвящена анализу воздействия пандемии COVID-19 на предпринимательский сектор Республики Саха (Якутия) с применением методов машинного обучения и вероятностного байесовского программирования. Исходный набор данных для анализа был получен из открытого источника и содержит информацию о 5555 предприятиях, зарегистрированных в регионе. Для анализа был выбран основной индикатор эффективности бизнеса – выручка. После предобработки для анализа оставлена выборка данных о выручке 2039 предприятий за временной интервал 2017–2024 годы для которых были вычислены относительные годовые темпы прироста выручки, отражающие, на сколько процентов увеличилась (или уменьшилась) выручка по сравнению с прошлым периодом по годам. Полученные темпы прироста выручки с помощью методов байесовского анализа были разделены на 3 периода по годам: 2017-2019, 2019-2020, 2021-2024. Эти периоды использованы как признаки для проведения стандартного кластерного анализа предприятий, который выявил паттерны динамики темпов прироста выручки. В ходе анализа выделено четыре характерных сценария адаптации бизнеса к кризисным условиям: широкое восстановление активности; снижение темпов прироста; компании, извлекшие выгоду из кризиса; и предприятия, столкнувшиеся с длительным спадом.

Ключевые слова: выручка, темп прироста выручки, машинное обучение, кластеризация, вероятностное байесовское программирование, COVID-19.

Введение

Глобальная пандемия COVID-19, начавшаяся в 2019 году, стала беспрецедентным экзогенным шоком для мировой экономики [1]. В условиях введения карантинных мер, ограничений на передвижение и резкого изменения потребительского поведения различные сектора экономики испытали неоднородное воздействие. В Республике Саха (Якутия) малый и средний бизнес играют ключевую роль в обеспечении занятости и экономической устойчивости [2].

Целью настоящей работы является выявление периодов изменения темпов прироста выручки предприятий Республики Саха (Якутия) и математически обосновать, что глобальная пандемия COVID-19, начавшаяся в 2019 году, действительно по факту повлияла на динамику темпов прироста выручки выбранных предприятий. С учетом полученной динамики темпов прироста выручки, предприятия Республики Саха (Якутия разбить на группы по типам реакции на пандемический шок с последующей интерпретацией результатов в экономическом контексте. Для достижения цели решаются задачи по очистке данных, вычисляются относительные годовые темпы прироста выручки по годам. Полученные темпы прироста выручки с помощью методов байесовского анализа были разделены на 3 периода по годам: 2017-2019, 2019-2020, 2021-2024, которые использованы как признаки для проведения кластерного анализа предприятий.

Данный анализ может быть полезен как для научного сообщества, так и для государственного и бизнес-сектора, так как полученные выводы создают основу для адресного планирования мер государственной поддержки с учётом отраслевой специфики и индивидуальных траекторий посткризисного восстановления.

Входные данные и их предобработка

Исходный набор данных был получен из открытого коммерческого источника [3] и содержит информацию о 5555 предприятиях, зарегистрированных в регионе. Набор включает регистрационные данные, отраслевую принадлежность (ОКВЭД-2) и финансовые показатели за 2012–2024 гг.

Анализ полноты данных выявил критическую проблему: в 2012–2016 гг. доля пропусков по выручке превышала 60–70%, что связано с изменениями в законодательстве об отчетности малых предприятий. Использование данных до 2017 года привело бы к смещению выборки в сторону крупных компаний. Поэтому в исследовании выбран период 2017–2024 гг. как наиболее репрезентативный. После предобработки для анализа оставлена выборка данных о выручке 2039 предприятий за временной интервал 2017–2024 годы

Все расчеты показателей и графики в настоящей работе проведены с помощью библиотек языка программирования Python.

Таблица 1.
Часть входных данных после предобработки (Выручка предприятий, годовые)

Сокращенное наименование	Статус	Дата регистрации	Регион	Юридический адрес	Код ОКВЭД-2	Основной вид деятельности	Выручка (2017)	Выручка (2018)	...
ОБЩЕСТВО "ДЬОГУР" (ДАРОВАНИЕ)	Действующее	2000-01-24	Саха (Якутия), республика	677013, Республика Саха (Якутия), г Якутск, у...	85.41	Образование дополнительное детей и взрослых	955000	1225000	...
РЕССОВЕТ "ДИНАМО"	Действующее	1996-02-01	Саха (Якутия), республика	677009, Республика Саха (Якутия), г Якутск, у...	93.19	Деятельность в области спорта прочая	8892000	7850000	...
ПОУ ВТШ РО ДОСААФ РОССИИ РС (Я	Действующее	2000-01-26	Саха (Якутия), республика	678200, Республика Саха (Якутия), у Вилюйский...	85.21	Образование профессиональное среднее	4627000	5592000	...
ЯРРО КОММУНИСТИЧЕСКАЯ ПАРТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРА...	Действующее	2002-04-18	Саха (Якутия), республика	677027, Республика Саха (Якутия), г Якутск, у...	94.92	Деятельность политических организаций	6035000	5300000	...
ООО "ПАРИТЕТ"	Действующее	2000-01-21	Саха (Якутия), республика	678901, Республика Саха (Якутия), у Алданский,...	46.71	Торговля оптовая твердым, жидким и газообразны...	99952000	104260000	...

Полученные значения приведены к ценам 2017 года с помощью основного показателя инфляции - индекса потребительских цен [4]. Так как выручка предприятий значительно отличается по масштабу, в качестве показателя динамики роста показателей выбран темп прироста выручки предприятий по годам, который показывает, на сколько процентов увеличился или уменьшился показатель (выручка в реальных ценах) по сравнению с предыдущим.

Таблица 2
Годовые темпы прироста выручки в процентах

	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
1	22.99	52.58	-3.78	7.97	-48.79	7.52	20.51
2	-15.35	-22.63	23.34	-8.51	-13.69	3.34	10.84
3	15.88	9.33	30.45	-24.26	-11.94	36.40	-5.16
5	-15.79	-7.12	10.85	-10.66	-3.67	-8.91	-10.98
11	0.02	5.67	-3.62	-18.96	-0.18	-27.17	14.57
...	...	...	...	...	...	...	...

Байесовский анализ годовых периодов

Проверка нормальности распределения входных данных таблицы 2 осуществлялась с помощью критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова [5]. Расчёты выполнены с использованием функций shapiro, kstest из модуля scipy.stats библиотеки SciPy языка программирования Python. Например, для столбца ‘2017-2018’ по обоим тестам, достигнутый уровень значимости p=0,0000. Следовательно, нулевая гипотеза о нормальности распределения отклоняется. Этот факт можно объяснить следующим образом: хотя визуально графики темпов прироста выручки похожи на нормальное распределение (см. Рисунок 1, для 2017-2018) видно, что довольно типично для финансовых или экономических данных, использующих приросты или доходности, распределение асимметрическое или имеет выраженные «тяжелые хвосты» из-за выбросов (например, компаний с аномально высоким или низким приростом), что подтверждают вычисленные коэффициенты асимметрии и эксцесса. Коэффициент асимметрии (skewness) для 2017-2018 равен 2.735, коэффициент эксцесса (kurtosis, Fisher) для 2017-2018 равен 10.065.

Рисунок 1. Распределение темпов прироста выручки 2017-2018 гг.

В связи с этим использование среднего арифметического, оптимального для нормального распределения, может быть неэффективным для выявления периодов стабильности, спада или подъема темпов прироста. Для подобных данных, которые часто характеризуются наличием выбросов, более надежной оценкой выявления тенденций является медиана. Из теории математической статистики известно, что медиана является оценкой максимального правдоподобия для распределения Лапласа (двойного экспоненциального распределения) [5]. Таким образом, применение моделей, базирующихся на распределении Лапласа, где центральным параметром выступает медиана, является более обоснованным для анализа темпов прироста. Медианы наших периодов: {'2017-2018': 0.95, '2018-2019': 2.24, '2019-2020': -5.04, '2020-2021': 2.39, '2021-2022': -2.57, '2022-2023': 0.85, '2023-2024': 0.15}.

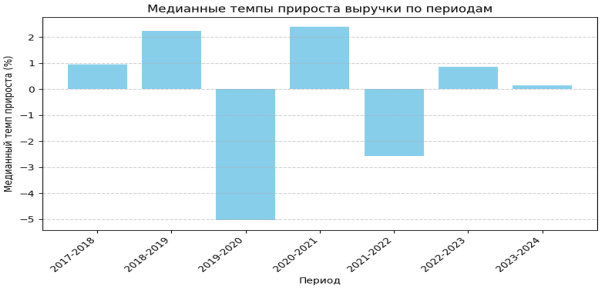


Рисунок 2. Медианы темпов прироста.

Проведем вероятностный байесовский анализ разницы медиан по периодам с помощью библиотеки PyMC [7] по двум моделям. Первая модель использует распределение Лапласа и параметр SEM (стандартную ошибка медианы) и байесовский вывод выполняется методом марковских цепей Монте-Карло (MCMC) с использованием библиотеки вероятностного программирования PyMC. Для контроля сходимости использовались четыре независимые цепи по 2000 итераций каждая. Эта модель показывает, что при анализе медиан по периодам 2018-2019 против 2019-2020 с порогом 1.5% разница (HDI 94%): [1.83205, 12.51363413], вероятность P(2018-2019 > 2019-2020) = 0.9885, а P(2019-2020 > 2018-2019)= 0.0115. 94%. Здесь HDI (Highest Density Interval) — это байесовский аналог классического доверительного интервала. Он указывает наиболее вероятный диапазон, в котором с вероятностью 94% находится истинное значение медианы, основываясь на апостериорном распределении. Байесовский вывод: медиана 2018-2019 РЕЗКО и практически значимо выше медианы 2019-2020. Весь 94% HDI находится выше 1.5%. Такой же анализ медиан по периодам 2019-2020 против 2020-2021 с порогом 1.5% показал, разница (HDI 94%): [-12.36853952, -1.9500743], P(2019-2020 > 2020-2021)=0.0083, P(2020-2021 > 2019-2020) =0.9918

Байесовский вывод: Медиана 2020-2021 РЕЗКО и практически значимо выше медианы 2019-2020. Весь 94% HDI находится ниже -1.5%. По остальным периодам байесовский вывод модели: разница медиан, скорее всего, НЕ является практически значимой. Или, темпы прироста выручки могут были разделены на 3 периода по годам: 2017-2019, 2019-2020, 2021-2024. Заметим, что к полученным байесовским выводам с использованием SEM надо относиться с осторожностью, так как наши входные данные не прошли тест нормальность, хотя для байесовского анализа медиан вам не нужна строгая нормальность исходных данных.

Вторая модель использует распределение Лапласа и параметр MAD, который не требует нормальности. Применение вместо SEM другой более надежный параметр MAD (в байесовском выводе термин MAD означает Median Absolute Deviation (медианное абсолютное отклонение)) показал, что 94% HDI содержит 0 для всех периодов.

Байесовский анализ по логарифмическому темпу роста выручки

Левая граница годовых темпов прироста выручки в процентах для неотрицательных данных всегда больше или равно -100, а правая граница для наших данных ограничена 500%, что определяется фильтрацией при предобработке данных (см. Рисунок 1). Поэтому получаются более “тяжелые” правые хвосты. Как и в анализе доходностей финансовых активов (см. например работу [8]) перейдем к логарифмическому темпу роста выручки.

Таблица 3.
Годовые темпы логарифмического роста выручки

Logarithmic Growth Rates (log-growth):

	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
1	0.206954	0.422490	-0.038574	0.076665	-0.669315	0.072517	0.186560
2	-0.166669	-0.256628	0.209737	-0.088955	-0.147179	0.032902	0.102894
3	0.147397	0.089241	0.265782	-0.277811	-0.127109	0.310446	-0.053022
5	-0.171900	-0.073861	0.103052	-0.112697	-0.037398	-0.093286	-0.116330
11	0.000167	0.055173	-0.036873	-0.210256	-0.001836	-0.317032	0.135987

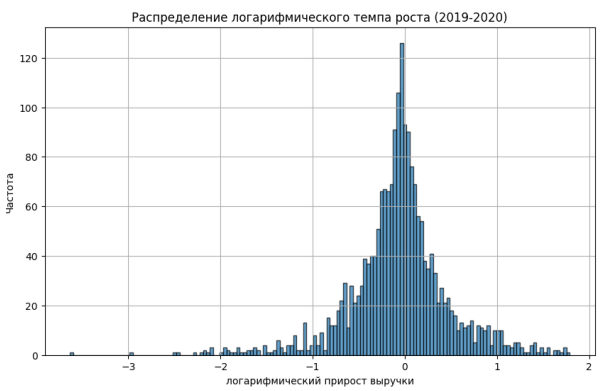


Рисунок 3. Распределение темпов логарифмического роста выручки 2019-2020 гг.

Статистический анализ годовых логарифмических темпов роста выручки показал, что данные гипотеза о нормальности распределений периодов также отклоняется. Например, для иллюстрации покажем для периода 2019-2020 годов коэффициент асимметрии и эксцесса для 2019-

2020 годов (Рисунок 3). Коэффициент асимметрии (skewness) = -0.479. Коэффициент эксцесса (kurtosis, Fisher) = 3.480. Нормальное распределение имеет коэффициенты асимметрии равный эксцесса равные 0. Если коэффициенты асимметрии значительно отличаются от 0 (положительное значение указывает на 'тяжелый хвост' справа, отрицательное - слева). Если коэффициенты эксцесса значительно отличаются от 0 (положительное значение указывает на 'остроконечность' и 'тяжелые хвосты', отрицательное - на 'плосковершинность' и 'легкие хвосты'), то распределение скорее всего не является нормальным [6]. Как видно из результатов, для всех периодов значения коэффициентов асимметрии и эксцесса значительно отличаются от 0. Это подтверждает, что логарифмические темпы роста, как и исходные процентные изменения, не следуют нормальному распределению.

Байесовский анализ проведенный, как для исходных процентных изменений темпов прироста, с применением параметра MAD показал, что 94% HDI содержит 0 для всех периодов, что подтверждает не следование нормальному распределению, хотя вероятность того что медианы изменились в сторону уменьшения (возрастания) между периодами 2018-2019 против 2019-2020 выросла (2019-2020 против 2020-2021).

Из проведенных байесовских анализов можно сделать вывод, что есть предприятия, которые по-разному среагировали на кризис пандемии COVID-19.

Выявим реакцию предприятий на пандемии COVID-19 с помощью кластерного анализа.

Применение методов кластеризации для группировки предприятий

Для кластерного анализа проведем агрегацию столбцов таблицы 1 на три периода к трем агрегированным метрикам, отражающим поведение в ключевых периодах:

1. Тренд до пандемии (2017–2019): среднегодовой темп роста (CAGR).
2. Шок (2019–2020): темп роста выручки (Growth).
3. Восстановление (2020–2024): посткризисного периода (CAGR).

Признаки стандартизированы с помощью StandardScaler для обеспечения равного вклада в метрику расстояния. Для кластеризации выбран алгоритм K-Means. Проводилось сравнение с альтернативными методами (DBSCAN, GMM, иерархическая кластеризация). Оптимальное число кластеров (k=4) определено методом локтя и анализом силуэтного коэффициента [9].

В результате кластеризации выявлено четыре устойчивые группы предприятий, характеристики которых представлены в таблице 2 и рисунок 1

Таблица 4.
Характеристики выявленных кластеров

Кластер	До пандемии	Шок 2020	После пандемии	Кол-во предпр.	% от выборки
0	-0.0014	-0.116	0.318	422	0.206
1	1.1100	-0.041	0.038	185	0.090
2	-0.0620	2.000	0.005	138	0.067
3	0.0160	-0.038	-0.070	1294	0.634

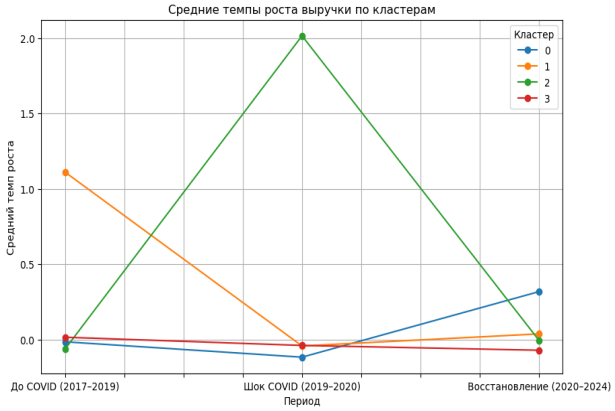


Рисунок 4. Линейный график средних темпов роста по кластерам.

Кластер 0 («Массовое восстановление», 20,6% выборки, 422 предприятия) объединяет компании, которые практически не изменили выручку до пандемии (–0,14%), ощутимо просели в 2020 году (–11,6%), но затем продемонстрировали уверенный отскок (+31,8%). В данной группе высока концентрация предприятий гостиничного бизнеса, общественного питания (34,6% от отрасли) и добычи полезных ископаемых. Такая динамика отражает сценарий отложенного восстановления в сервисных и ресурсоориентированных секторах экономики.

Кластер 1 («Замедление сверхроста», 9,0% выборки, 185 предприятий) характеризуется взрывным ростом выручки в докризисный период (+111%), который сменился умеренной коррекцией в 2020 году (–4,1%) и последующей стабилизацией (+3,8%). Преобладают организации сферы образования (20,0% отрасли) и обрабатывающих производств. Высокая доля образовательных учреждений может указывать на пик расширения рынка онлайн-образования в 2017–2019 гг., темпы которого замедлились после нормализации эпидемиологической обстановки.

Кластер 2 («Пандемические бенефициары», 6,7% выборки, 138 предприятий) демонстрирует аномальный скачок выручки непосредственно в период шока 2020 года (+200%) при незначительной динамике до и после пандемии (–6,2% и +0,5% соответственно). В кластер вошли компании добывающей (15,8% отрасли) и строительной (12,5%) сфер. Столь резкий рост, вероятнее всего, обусловлен конъюнктурным повышением цен на сырьевые товары и увеличением спроса на отдельные виды строительных работ в период ограничений.

Кластер 3 («Затяжной кризис», 63,4% выборки, 1 294 предприятия) — наиболее репрезентативная группа, для которой характерна стагнация до пандемии (+1,6%), умеренный спад в 2020 году (–3,8%) и продолжающееся снижение выручки в посткризисный период (–7%). Здесь сконцентрировано большинство предприятий торговли (74,7%), сельского хозяйства (77,1%) и операций с недвижимостью (79,9%). Данная траектория свидетельствует о системных барьерах для восстановления в массовых секторах региональной экономики.

Отраслевой анализ показал, что 12 из 18 секторов экономики имеют более 50% предприятий в Кластере 3. Размерная структура кластеров однородна: доминируют микропредприятия (86–92%), статистически значимых различий не обнаружено.

Заключение

Применение методов машинного обучения позволило выявить фундаментальную неоднородность воздействия пандемии на экономику Республики Саха (Якутия). Результаты кластеризации демонстрируют, что предприятия, отнесённые к различным кластерам, демонстрировали принципиально разные траектории адаптации к кризисным условиям.

Так, кластеры 0 и 1, несмотря на схожую негативную реакцию в фазе шока 2020 года (снижение выручки на –11,6% и –4,1% соответственно), в постпандемийный период показали разнонаправленную динамику восстановления. Предприятия кластера 0 («Массовое восстановление») продемонстрировали мощный отскок (+31,8%), тогда как кластер 1 («Замедление сверхроста») перешёл к умеренной стабилизации (+3,8%). При этом кластер 0 характеризуется высокой концентрацией гостиниц и предприятий общественного питания (34,6% от отрасли), в то время как в кластере 1 преобладают организации сферы образования (20,0%) и обрабатывающих производств.

Кластер 2 («Пандемические бенефициары») демонстрирует уникальную траекторию: на фоне незначительного снижения до пандемии (–6,2%) в 2020 году зафиксирован аномальный рост выручки (+200%), сменившийся последующей стабилизацией (+0,5%). В данном сегменте сконцентрированы компании добывающей (15,8% отрасли) и строительной (12,5%) сфер, что позволяет связать наблюдаемую динамику с конъюнктурным ростом цен на сырьевые ресурсы и сохранением спроса на инфраструктурные проекты в период ограничений.

Кластер 3 («Затяжной кризис»), включающий большинство предприятий выборки (63,4%, 1 294 организации), характеризуется относительной стабильностью до пандемии (+1,6%), умеренным спадом в 2020 году (–3,8%) и отрицательной динамикой в восстановительный период (–7%). Это свидетельствует о том, что, несмотря на устойчивость к первоначальному шоку, значительная часть бизнеса в секторах торговли (74,7%), сельского хозяйства (77,1%) и операций с недвижимостью (79,9%) сталкивается с системными барьерами для посткризисного восстановления, требующими отдельного анализа и адресных мер поддержки.

Таким образом, использование подходов неконтролируемого обучения позволило не только дифференцировать типы реакции бизнеса на внешние шоки, но и выявить скрытые закономерности, обосновывающие необходимость отраслевой дифференциации мер экономической политики.

Литература

1. Широв А. А. Экономика в эпоху пандемии // Журнал НЭА. 2021. № 1 (49). С. 209–216.

2. Ноева Е. Е., Тимофеева А. И. Анализ состояния сектора малого и среднего предпринимательства в Республике Саха (Якутия) // Экономика и природопользование на Севере. – 2024. – № 3. – С. 24–34.

3. Selecom Analytics : база данных российских организаций [Электронный ресурс] // Selecom.pro. — URL: https://selecom.pro/ (дата обращения: 05.04.2026)

4. Индексы потребительских цен [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. — Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/statistics/price (дата обращения: 05.04.2026)

5. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. – М.: Дело, 2007. – 504 с.

6. Тюрин Ю. Н. Анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров. — Москва : Изд-во МЦНМО, 2016. — 367 с.

7. Дэвидсон-Пайлон, К. Вероятностное программирование на Python: байесовский вывод и алгоритмы / К. Дэвидсон-Пайлон; [перевели с английского И. Пальти, К. Русецкий]. — Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2019.

8. Shenoy R. The Variance Gamma Process for Option Pricing / R. Shenoy, P. Kempthorne // arXiv.org. – 2025. – 15 October. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2510.14093 (дата обращения: [17.05.2026]).

9. Pedregosa F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort [et al.] // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830. – URL: https://jmlr.csail.mit.edu/papers/v12/pedregosa11a.html (дата обращения: [17.05.2026])

Impact of the COVID-19 pandemic on enterprises in the Republic of Sakha (Yakutia): Bayesian analysis and clustering 2017-2024

Mestnikov S.V., Soliman M.
North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This study analyzes the impact of the COVID-19 pandemic on the entrepreneurial sector of the Republic of Sakha (Yakutia) using machine learning methods and probabilistic Bayesian programming. The initial dataset was obtained from open sources and contains information on 5,555 enterprises registered in the region. Revenue was selected as the primary key performance indicator (KPI) for business analysis. After preprocessing, the final sample included revenue data for 2,039 enterprises over the period 2017–2024. For these enterprises, relative annual revenue growth rates were calculated, reflecting the percentage increase or decrease in revenue compared to the previous year.

Using Bayesian analysis methods, the obtained revenue growth rates were divided into three distinct periods: 2017–2019, 2019–2020, and 2021–2024. These periods served as features for standard cluster analysis of the enterprises, which revealed patterns in the dynamics of revenue growth rates. The analysis identified four characteristic scenarios of business adaptation to crisis conditions: broad recovery of activity; decreased growth rates; companies that benefited from the crisis; and enterprises facing a prolonged decline.

Keywords: revenue, revenue growth rate, machine learning, clustering, probabilistic Bayesian programming, COVID-19.

References

1. Shirov A.A. Economy in the Pandemic Era // Journal of the New Economic Association. – 2021. – No. 1 (49). – P. 209–216.
2. Noeva E.E., Timofeeva A.I. Analysis of the State of the Small and Medium-Sized Entrepreneurship Sector in the Republic of Sakha (Yakutia) // Economics and Nature Management in the North. – 2024. – No. 3. – P. 24–34.
3. Selecom Analytics: Database of Russian Organizations [Electronic resource] // Selecom.pro. – URL: https://selecom.pro/ (date of access: 05.04.2026).
4. Consumer Price Indices [Electronic resource] // Federal State Statistics Service (Rosstat). – Access mode: https://rosstat.gov.ru/statistics/price (date of access: 05.04.2026).
5. Magnus Y.R., Katyshev P.K., Peresetsky A.A. Econometrics. An Introductory Course. – Moscow: Delo, 2007. – 504 p.
6. Tyurin Y.N. Data Analysis on a Computer / Y.N. Tyurin, A.A. Makarov. – Moscow: MCCME Publishing House, 2016. – 367 p.
7. Davidson-Pilon C. Probabilistic Programming in Python: Bayesian Inference and Algorithms / C. Davidson-Pilon; [translated from English by I. Palti, K. Ruzetsky]. – St. Petersburg [et al.]: Piter, 2019.
8. Shenoy R. The Variance Gamma Process for Option Pricing / R. Shenoy, P. Kempthorne // arXiv.org. – 2025. – 15 October. – Access mode: https://arxiv.org/abs/2510.14093 (date of access: 17.05.2026).
9. Pedregosa F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort [et al.] // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830. – URL: https://jmlr.csail.mit.edu/papers/v12/pedregosa11a.html (date of access: 17.05.2026).

Методы моделирования и представления бизнес-процессов в интерактивных образовательных средах

Овчинникова Оксана Петровна
доктор экономических наук, профессор, кафедра математического моделирования и информационных технологий Высшей школы управления, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), ovchinnikova-op@rudn.ru,

Савина Анастасия Юрьевна
магистрант, кафедра математического моделирования и информационных технологий Высшей школы управления, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), pricekolfild@mail.ru,

Сошникова Полина Олеговна
магистрант, кафедра математического моделирования и информационных технологий, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), polina.soshnikova03@mail.ru

Ограничения традиционных методов моделирования бизнес-процессов в образовательной практике обусловливают необходимость их преобразования в интерактивные формы представления. В статье рассматриваются способы адаптации формализованных моделей к условиям обучения, ориентированного на развитие алгоритмического мышления и практических навыков. Показано, что статичность моделей, сложность восприятия и недостаточная деятельностная направленность затрудняют освоение регламентированных процессов. Особое внимание уделяется использованию игровых механизмов и геймификации как средств повышения вовлечённости, мотивации и активности обучающихся. Сделан вывод о том, что интерактивные формы представления бизнес-процессов позволяют приблизить обучение к реальным профессиональным ситуациям, усилить практическую направленность образовательного процесса, а также создать условия для формирования устойчивых навыков принятия решений. Это повышает качество подготовки обучающихся к будущей профессиональной деятельности.

Ключевые слова: бизнес-процессы, моделирование процессов, интерактивное обучение, геймификация, образовательные технологии, алгоритмическое мышление, цифровые образовательные среды, визуализация процессов, профессиональная подготовка, образовательный процесс.

Введение

Современные изменения в системе образования, связанные с переходом к компетентностному подходу, требуют пересмотра способов обучения профессиональной деятельности. В работе с регламентированными процессами эта проблема становится особенно заметной. Такие процессы строятся на строгой последовательности действий, поэтому обучающимся важно не только знать основные понятия, но и понимать порядок их применения на практике. Если обучение ограничивается преимущественно теоретическим объяснением, материал может усваиваться формально. В этом случае студент ориентируется в терминах и обозначениях, однако испытывает трудности при переходе к решению конкретной профессиональной задачи.

Регламентированные процессы строятся как последовательность взаимосвязанных действий, влияющих на дальнейший ход работы. Их освоение требует умения видеть задачу целиком, выделять основные этапы и соотносить их с общей целью. Работа с такими моделями развивает алгоритмическое мышление и помогает применять знания при решении практических задач.

Алгоритмическое мышление связано не только с воспроизведением заданной последовательности действий, но и с пониманием внутренней логики процесса, а также взаимосвязей между его отдельными элементами. Работа с профессиональными процессами при этом требует одновременного внимания к текущему действию, общей последовательности операций и условиям перехода от одного этапа к другому, что повышает когнитивную нагрузку и затрудняет освоение материала, особенно при его преимущественно теоретическом изложении. В подобных условиях традиционные подходы к обучению не всегда позволяют сформировать практические навыки, поскольку обучающийся часто остаётся в пассивной позиции и не видит прямой связи между изучаемой моделью и реальной профессиональной деятельностью. Такая ситуация снижает вовлечённость, ослабляет практическую направленность обучения и затрудняет формирование устойчивых навыков применения знаний [11] [14].

С учётом изложенного знание последовательности действий само по себе не обеспечивает готовности к их практическому применению. Это требует перехода к таким образовательным подходам, которые позволяют осваивать деятельность через выполнение действий, приближённых к реальным профессиональным ситуациям. При этом особую значимость приобретают практико-ориентированные и интерактивные модели обучения, учитывающие алгоритмическую природу процессов и способствующие формированию устойчивых профессиональных навыков [1].

Методы исследования

В рамках исследования способов представления регламентированных процессов в образовательной среде проводится анализ существующих научных подходов к их формализации и моделированию. В данном контексте такие процессы целесообразно рассматривать как бизнес-процессы, отражающие логически организованную последовательность действий, включающую входные данные, условия выполнения и ожидаемые результаты.

Термин «бизнес-процесс» появился в начале 1990-х годов благодаря М. Хаммеру и Дж. Чампи и получил широкое распространение после выхода их работы. Предложенное авторами определение в дальнейшем неоднократно уточнялось, однако его сущностное содержание оставалось неизменным. С самого начала оно вызывало дискуссии среди специалистов, которые чаще связывали данный термин с традиционными организационно-управленческими процессами [16].

В дальнейшем понятие бизнес-процесса было уточнено и получило развитие в научной литературе, где оно определяется как последовательность состояний объекта и выполняемых функций. При реализации такого процесса используются ресурсы и формируется результат, представляющий собой материальный или нематериальный продукт человеческой деятельности. Со структурной точки зрения бизнес-процесс представляет собой систему, включающую входные параметры, преобразующие действия, условия выполнения и выходной результат, взаимосвязанные в рамках единой логической структуры [6].

Регламентированное представление бизнес-процессов позволяют фиксировать последовательность действий и логические связи. Благодаря этому процессы становятся более наглядными, удобными для анализа и освоения.

Классические методы моделирования бизнес-процессов различаются по способу представления и уровню формализации, что позволяет выделить базовые типы моделей, лежащие в основе существующих подходов к их описанию. Данные типы отражают ключевые характеристики моделирования процессов и задают общие направления их представления, что представлено на рисунке 1.

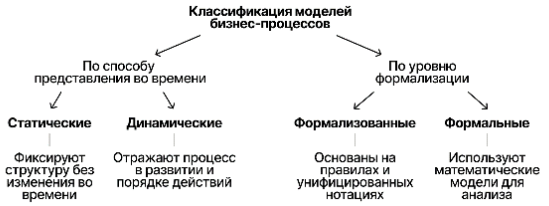


Рисунок 1 — Классификация моделей бизнес-процессов [Источник: составлено авторами]

Представленная классификация отражает основные характеристики моделей бизнес-процессов, связанные с их структурой и степенью формализации. Вместе с тем в теории и практике моделирования особое значение имеет не только тип модели, но и способ её представления, определяющий используемые средства и формы описания процессов. В этой связи выделяются основные подходы к моделированию бизнес-процессов, среди которых наибольшее распространение получили визуальные, алгоритмические и формальные описания.

Среди выделенных групп методов моделирования наибольшее распространение получили визуальные нотации. Наиболее распространённые из них сведены в таблице 1.

Таблица 1
Визуальные нотации моделирования БП

Технология	Описание	Применение	Основные нотации
BPMN	Стандарт для моделирования бизнес-процессов	Бизнес-анализ, управление процессами	Диаграммы процессов
UML	Унифицированный язык моделирования систем	Разработка ПО, системный анализ	Диаграммы активности, последовательности
IDEF	Методология функционального и процессного моделирования	Инжиниринг, управление процессами	IDEF0, IDEF3
DFD	Модель потоков данных, отображающая движение информации	Анализ и проектирование информационных систем	Диаграммы потоков данных
ePC	Событийно-ориентированная модель бизнес-процессов	Описание и оптимизация процессов	Цепочки событий и функций
ERD	Модель данных, отражающая взаимосвязи между сущностями	Проектирование баз данных	Сущности, связи, атрибуты
DMN	Нотация для моделирования решений и бизнес-правил	Автоматизация принятия решений	Диаграммы решений

Источник: составлено авторами по [10]

Наряду с визуальными способами представления бизнес-процессов в практике обучения используются алгоритмические формы их описания, ориентированные на текстовую фиксацию логики выполнения действий. Алгоритмическое описание бизнес-процессов представляет собой способ их представления в виде последовательности действий, выполняемых по определённым правилам и в заданной логике. В отличие от графических нотаций, данный подход направлен на точную фиксацию операций, условий их выполнения и переходов между этапами. Такой метод реализуется с использованием следующих форм представления:

- псевдокод (упрощённая запись алгоритма с использованием элементов естественного языка и конструкций программирования);
- текстовые алгоритмы (последовательное словесное описание действий, отражающее порядок выполнения операций и общую логику процесса);
- пошаговые инструкции (регламентированное описание действий в виде последовательных шагов, ориентированное на практическое воспроизведение процесса).

Указанные формы позволяют фиксировать:

- порядок выполнения операций (последовательность действий, необходимую для достижения результата);
- условия их реализации (правила и ограничения, определяющие переходы между этапами процесса).

Наряду с визуальными и алгоритмическими способами представления бизнес-процессов выделяются формальные модели, ориентированные на строгое математическое описание и анализ процессов.

К числу наиболее распространённых формальных моделей относятся:

- сети Петри (используются для описания параллельных и распределённых процессов);
- графовые модели (представляют процесс в виде графа, состоящего из вершин и связей);
- формальные языки и логические модели (применяются для строгого описания процессов с использованием математических правил);
- модели на основе конечных автоматов (используются для описания состояний системы и переходов между ними в зависимости от условий) [2] [7].

В совокупности рассмотренные подходы к моделированию бизнес-процессов отражают различные способы их представления, отличающиеся по уровню сложности, степени формализации и возможностям применения в образовательной практике. Для их сопоставления и выявления особенностей в контексте обучения представим обобщённые сведения о данных подходах в таблице 2.

Таблица 2
Сравнительная характеристика подходов к моделированию бизнес-процессов

Подход к моделированию	Уровень доступности восприятия	Уровень сложности	Применимость в образовательной практике
Визуальные нотации (BPMN, UML, DFD)	высокий	средний	высокая
Упрощённые графические представления (блок-схемы, структурограммы)	высокий	низкий	высокая
Алгоритмическое описание	средний	средний	средняя
Формальные модели	низкий	высокий	ограниченная

Источник: составлено авторами по [3] и [7]

Несмотря на значимость рассмотренных подходов для описания и анализа бизнес-процессов, их использование в образовательной практике сопровождается рядом ограничений.

Представляется возможным выделить ключевые затруднения, сопровождающие использование классических методов моделирования в обучении.

1. Сложность восприятия

Одним из ключевых ограничений классических методов моделирования бизнес-процессов в обучении является сложность их восприятия обучающимися. Это связано с использованием формализованных нотаций, требующих предварительной подготовки для их понимания.

Данное ограничение проявляется в следующих аспектах:

- необходимость одновременного освоения содержания процесса и формы его представления;
- повышенная когнитивная нагрузка, связанная с обработкой большого объёма информации;
- сложность интерпретации символов и логики построения моделей.

На начальных этапах обучения это приводит к тому, что внимание обучающихся смещается с понимания процесса на расшифровку его визуального или формального представления. В результате снижается доступность восприятия материала и затрудняется формирование целостного понимания логики процесса.

2. Статичность представления

Отсутствие динамики в представлении процессов является характерной особенностью классических методов моделирования бизнес-процессов и одновременно выступает их ограничением в образовательной практике. Большинство используемых моделей ориентировано на фиксацию структуры процесса и последовательности действий, однако не отражает его динамическую природу и развитие во времени.

Данное ограничение проявляется в следующих аспектах:

- статичное представление процесса;
- отсутствие поэтапной динамики;
- слабое отражение изменений и вариантов развития процесса.

Подход делает процесс статичным, не показывает развитие действий во времени и слабо отражает изменение условий Обучающимся сложнее понять логику процесса и применить знания на практике.

3. Отсутствие активного действия

Ориентация на пассивное восприятие информации ограничивает эффективность использования классических методов моделирования в обучения. Традиционные способы представления процессов ориентированы

преимущественно на их наблюдение и анализ, а не на непосредственное выполнение действий в рамках изучаемой деятельности.

Данное ограничение проявляется в следующих аспектах:

- пассивное взаимодействие с моделью;
- отсутствие действий и самостоятельных решений;
- ограниченная практическая отработка операций.

Обучающийся выступает преимущественно как наблюдатель, воспринимающий готовую модель процесса, что снижает уровень его вовлечённости и активности в обучении. Это затрудняет переход от понимания процесса к его самостоятельному выполнению.

4. **Низкая вовлечённость**

Закономерным следствием использования классических методов моделирования бизнес-процессов является низкий уровень вовлечённости обучающихся. Использование формализованных моделей и схем, как правило, сводится к передаче информации и лишь в ограниченной степени способствует включению обучающихся в активное освоение материала. Это ограничение проявляется в ряде характерных особенностей:

- недостаток компонентов, способных поддерживать интерес и внутреннюю мотивацию обучающихся;
- монотонность форм представления учебного материала;
- ограниченные возможности удержания внимания в процессе изучения.

В итоге изучаемый процесс нередко воспринимается как оторванная от практики конструкция, не имеющая очевидной связи с личным опытом обучающихся и их реальной деятельностью. В таких условиях снижается степень вовлечённости, а усвоение материала часто носит формальный характер и не сопровождается глубоким пониманием его содержания.

5. Недостаточная отработка практических навыков

Классические методы моделирования бизнес-процессов в большей степени сосредоточены на описании и анализе, чем на практическом выполнении действий. Как следствие, обучающиеся ограничены в возможностях формирования устойчивых навыков. Модели помогают понять порядок действий, но не дают условий для их полноценной отработки и закрепления.

На практике это проявляется в нескольких моментах:

- ограниченная возможность повторного прохождения процесса;
- слабая связь заданий с реальными профессиональными ситуациями;
- недостаточная вариативность заданий и способов действия.

Здесь обучающиеся усваивают общую структуру процесса, но не получают достаточного опыта его практического выполнения. Знание алгоритма в этом случае не превращается в устойчивый способ работы.

Проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что классические методы моделирования бизнес-процессов важны для описания и анализа процессов, однако в образовательной практике их возможностей недостаточно для полноценного формирования практических навыков. С их помощью обучающиеся могут разобраться в структуре деятельности, однако опыт самостоятельного выполнения действий при этом формируется не всегда. Возникает необходимость в способах представления процессов, которые сохраняют точность модели, но делают материал более наглядным и удобным для восприятия. переход к интерактивным форматам можно рассматривать как способ повышения практической направленности обучения.

Основные результаты исследования и обсуждение

Анализ традиционных подходов к моделированию бизнес-процессов показывает, что в образовательной практике они не всегда обеспечивают необходимую глубину освоения материала. Классические модели позволяют представить структуру процесса, однако при статичном формате работы обучающиеся недостаточно вовлекаются в самостоятельное выполнение действий. Вследствие этого формирование устойчивых практических навыков оказывается затруднённым.

В учебном процессе бизнес-процесс рассматривается не как готовая схема, которую можно без изменений перенести из профессиональной среды, а как материал, требующий методической переработки. Его содержание должно быть представлено так, чтобы обучающиеся могли понять не только отдельные этапы, но и связь между ними.

Для реализации указанных изменений применяются несколько взаимосвязанных подходов:

- представление процесса в виде сценария, где отдельные действия выстраиваются в понятную последовательность;
- упрощение структуры модели, позволяющее оставить основные элементы без излишней детализации;
- адаптацию материала к уровню подготовки обучающегося, чтобы процесс был доступен для понимания и применения.

Таким образом, трансформация способов представления бизнес-процессов предполагает переход от статических моделей к интерактивным формам, обладающим элементами игровой организации.

Переход к такому способу организации процессов обусловливает использование различных форм их описания, обеспечивающих интерактивное взаимодействие, характеристики которых представлены в таблице 3.

Таблица 3

Интерактивные формы описания процессов

Способ	Характеристика	Принцип работы	Эффект
Сценарные ветвления	Представление процесса как набора альтернативных сценариев развития	Выбор действия определяет дальнейший ход и формирует различные траектории	Формирование навыков принятия решений
Порядок действий	Линейное представление процесса в виде упорядоченного набора шагов	Каждое действие выполняется в заданной последовательности	Формирование алгоритмического мышления
Условия и последствия	Представление процесса через систему зависимостей между действиями и результатами	Реализация логики «условие — действие — результат», определяющей исход выполнения процесса	Формирование причинно-следственного мышления

Источник: составлено авторами по [12]

Как ранее было установлено, использование интерактивных форм представления процессов закономерно соотносится с логикой игровой деятельности, которая рассматривается в педагогике и психологии как особая форма организации активности, направленная на освоение опыта в условных ситуациях.

Что представляет собой игра и какую роль она может играть в образовательном процессе? Понятие игры имеет междисциплинарный характер, вследствие чего его содержание и трактовка могут варьироваться в зависимости от контекста рассмотрения.

«Игра — это форма деятельности в условных ситуациях, направленная на воссоздание и усвоение общественного опыта, фиксированного в социально закрепленных способах осуществления предметных действий, в предметах науки и культуры». Данное толкование приводится в одном из психологических словарей [13].

Игровая деятельность традиционно рассматривается как особый тип активности, обладающий рядом устойчивых характеристик. К числу наиболее существенных из них относятся:

1. деятельность в рамках заданных правил, отражающих логику игры;
2. творческий характер и активное участие субъекта;
3. добровольность участия и ценность самого процесса;
4. эмоциональная вовлеченность, часто связанная с элементами соревнования.

Дополняя данные характеристики, Й. Хейзинга указывает на ряд специфических особенностей игровой деятельности. Прежде всего, игра носит имитационный характер, поскольку представляет собой условную форму воспроизведения реальности. Она не совпадает с повседневной жизнью, а формирует особое пространство, в котором действия осуществляются «как будто», что осознаётся участниками [15].

Игра изначально выполняет обучающую функцию, выступая средством освоения опыта через моделирование практических ситуаций. Её дидактический потенциал был одним из первых обоснован Ф. Фрёбелем, который показал, что игровая деятельность способствует усвоению базовых представлений и формированию двигательных и познавательных навыков [4] [8].

Переход от рассмотрения игры как формы деятельности к её применению в образовательном процессе приводит к обращению к понятию геймификации. Термин «геймификация» впервые был введён в 2002 году американским программистом и дизайнером видеоигр Н. Пеллингом, который использовал его для обозначения адаптации игровых интерфейсов к различным цифровым устройствам с целью повышения эффективности взаимодействия пользователя с системой [5].

Повышение мотивации, вовлечённости и активности обучающихся обеспечивается конкретными способами организации учебного взаимодействия. Связь между игровыми элементами и образовательными эффектами представлена в таблице 4.

Таблица 4

Эффекты геймификации в образовательном процессе

Эффект	Содержание	Механизм реализации	Образовательный результат
Повышение мотивации	Формирование устойчивого интереса к обучению	Система целей, уровней, достижений, обратной связи	Поддержание познавательной активности на протяжении всего процесса
Усиление вовлечённости	Активное включение обучающегося в выполнение действий	Выбор, вариативность, зависимость результата от решений	Переход от наблюдения к активному участию
Устойчивость к ошибкам	Снижение страха неудачи и негативной оценки	Возможность повторных попыток и корректировки действий	Формирование установки на освоение деятельности
Развитие самостоятельности	Способность к саморегуляции и принятию решений	Наличие правил, целей и системы обратной связи	Контроль собственного продвижения и выбор стратегии действий
Когнитивная активизация	Углубление понимания процесса через действие	Выполнение операций, анализ последствий, обратная связь	Осмысленное освоение логики деятельности

Источник: составлено авторами по [9]

Представленные данные позволяют рассматривать геймификацию как особый способ организации учебной деятельности, при котором ключевую роль играет изменение характера взаимодействия обучающегося с процессом. В данном случае обучение перестаёт сводиться к восприятию информации и приобретает деятельностный характер, основанный на выполнении действий, принятии решений и анализе их результатов. Это обеспечивает не только повышение эффективности усвоения материала, но и формирование более устойчивых и переносимых навыков, связанных с реальной практической деятельностью. Таким образом, геймификация задаёт иную модель обучения, ориентированную на активное освоение процесса через действие, а не на его формальное изучение.

Проведённое исследование показало, что традиционные способы моделирования бизнес-процессов недостаточно эффективны в условиях образовательной практики, поскольку не обеспечивают активного включения обучающихся и формирования практических навыков. В связи с этим актуализируется необходимость перехода к интерактивным формам представления процессов.

Использование игровых механизмов и принципов геймификации позволяет изменить характер учебной деятельности, обеспечивая её деятельностную направленность, повышение мотивации и вовлечённости обучающихся.

Таким образом, геймификация выступает как эффективный инструмент трансформации образовательного процесса, способствующий более глубокому и осмысленному освоению профессиональных навыков.

Литература

1. Ахметшин Э. М. Проблемы формирования профессиональной компетенции студентов вузов // Современное педагогическое образование. 2019. № 9. С. 4–9.
2. Ануфриева А. П. Применение методов имитационного моделирования для анализа и оптимизации бизнес-процессов организации // Научный журнал КубГАУ. 2025. № 208. С. 1–15.
3. Димитриади Г. Д. Основные методологии и подходы к моделированию бизнес-процессов компании // Символ науки. 2023. № 11–2–1. С. 53–56.
4. Емалетдинова Г. Э., Цилицкий В. С. Геймификация как метод обучения: особенности и возможности // Московский экономический журнал. 2022. № 3.
5. Иванова Ю. В. От игр к знаниям: геймификация как инструмент повышения вовлечённости в образовании // Вестник науки. 2025. № 5 (86). С. 782–787.
6. Калянов Г. Н. Современное состояние теории бизнес-процессов // Проблемы управления. 2025. № 6. С. 3–21.
7. Калянов Г. Н. Визуальные языки и методы моделирования бизнес-процессов: перспективы развития и проблематика обучения // Открытое образование. 2025. № 6. С. 58–70.
8. Кругликов, В. Н. Интерактивные образовательные технологии: учебник и практикум для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2026. 355 с.
9. Кругликов В. Н., Оленникова М. В. Интерактивные образовательные технологии. 2-е изд., испр. и доп. Учебник и практикум для вузов. Серия «Университеты России». М.: Юрайт, 2021. 353 с.
10. Курникова М. В., Егоров Д. С., Мантуленко В. В. Современные технологии моделирования бизнес-процессов в проектно-изыскательской деятельности: анализ и тенденции // ЭПП. 2024. № 12. С. 7679–7694.
11. Ксенофонтова А. Н., Леденева Анастасия В. Методические основы современного образования // Вестник ОГУ. 2019. № 5 (223). С. 40–45.
12. Петренко Н. А., Реутова В. В. Влияние интерактивных технологий и цифровизации образования на развитие личностного потенциала обучающихся высших учебных заведений // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. 2024. № 2 (76). С. 140–149.
13. Полякова А. В. Геймификация в образовании: обзор проблем и исследований // Человеческий капитал. 2024. № 5 (185). С. 216–221.
14. Сафонова В. Ю., Сафонова О. В. Обобщение подходов к формированию методики повышения уровня алгоритмического мышления у студентов высших учебных заведений // Современное педагогическое образование. 2023. № 10. С. 177–181.
15. Хёйзинга Й. Homo ludens. В тени завтрашнего дня / пер. с нидерл. В. В. Ошиса; общ. ред. и послесл. Г. М. Тавризян. М.: Прогресс: Прогресс-Академия, 1992. 464 с.
16. Hammer, M., Champy, J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. – N. Y.: Harper-Collins, 1993. – P. 288.

Methods for modeling and representing business processes in interactive educational environments

Ovchinnikova O.P., Savina A.Yu., Soshnikova P.O.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN)

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The limitations of traditional business process modeling methods in educational practice require their transformation into interactive forms of representation. The article examines ways of adapting formalized models to learning conditions focused on developing algorithmic thinking and practical skills. It shows that model staticity, perceptual complexity, and insufficient practical orientation hinder the acquisition of regulated processes. Special attention is given to game mechanisms and gamification as means of increasing learner engagement, motivation, and activity. The article concludes that interactive representations of business processes bring learning closer to real professional situations, strengthen the practical orientation of education, and create conditions for developing stable decision-making skills.

Keywords: business processes, process modeling, interactive learning, gamification, educational technologies, algorithmic thinking, digital learning environments, process visualization, professional training, learning process.

References

1. Akhmetshin E. M. Problems of forming professional competence of university students // Modern Pedagogical Education. 2019. No. 9. P. 4–9.
2. Anufrieva A. P. Application of simulation modeling methods for the analysis and optimization of business processes of an organization // Scientific Journal of KubSAU. 2025. No. 208. P. 1–15.
3. Dimitriadi G. D. Main methodologies and approaches to modeling company business processes // Symbol of Science. 2023. No. 11-2-1. P. 53–56.
4. Emaletdinova G. E., Tsilitsky V. S. Gamification as a teaching method: features and opportunities // Moscow Economic Journal. 2022. No. 3.
5. Ivanova Yu. V. From games to knowledge: gamification as a tool for increasing engagement in education // Bulletin of Science. 2025. No. 5 (86). P. 782–787.
6. Kalyanov G. N. The current state of business process theory // Control Sciences. 2025. No. 6. P. 3–21.
7. Kalyanov G. N. Visual languages and methods of business process modeling: development prospects and teaching issues // Open Education. 2025. No. 6. P. 58–70.
8. Kruglikov V. N. Interactive educational technologies: textbook and practical course for universities. 3rd ed., rev. and add. Moscow: Yurait Publishing House, 2026. 355 p.
9. Kruglikov V. N., Olennikova M. V. Interactive educational technologies: textbook and practical course for universities. 2nd ed., rev. and add. Moscow: Yurait, 2021. 353 p.
10. Kurnikova M. V., Egorov D. S., Mantulenko V. V. Modern technologies for modeling business processes in design and survey activities: analysis and trends // EPP. 2024. No. 12. P. 7679–7694.
11. Ksenofontova A. N., Ledeneva A. V. Methodological foundations of modern education // Bulletin of OSU. 2019. No. 5 (223). P. 40–45.
12. Petrenko N. A., Reutova V. V. The influence of interactive technologies and digitalization of education on the development of the personal potential of higher education students // Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Sociology. Pedagogy. Psychology. 2024. No. 2 (76). P. 140–149.
13. Polyakova A. V. Gamification in education: a review of problems and research // Human Capital. 2024. No. 5 (185). P. 216–221.
14. Safonova V. Yu., Safonova O. V. Generalization of approaches to developing a methodology for improving the level of algorithmic thinking among university students // Modern Pedagogical Education. 2023. No. 10. P. 177–181.
15. Huizinga J. Homo ludens. In the Shadow of Tomorrow / translated from Dutch by V. V. Oshis ; edited and with an afterword by G. M. Tavrizyan. Moscow: Progress : Progress-Academy, 1992. 464 p.

Методология интеграции искусственного интеллекта и больших данных в корпоративную систему управления проектами: архитектура и алгоритмы

Орлеанский Филипп Александрович
аспирант, Университет «Синергия», orlflipp@gmail.com

В статье анализируется текущее состояние внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных в управление проектами. Выявлен разрыв между точечным применением ИИ-инструментов и их системной интеграцией в корпоративную методологию управления проектами. Разработана трёхуровневая методология встраивания ИИ и Big Data в КСУП: диагностический уровень (автоматическое выявление скрытых рисков и аномалий), предиктивный уровень (прогнозирование сроков, бюджета и качества на основе нейросетевых моделей), адаптивный уровень (рекомендательная система поддержки принятия решений). Представлены алгоритмы для каждого уровня и результаты их апробации на данных 150 завершённых проектов крупной российской IT-компании. Точность прогнозирования рисков достигла 96%, экономия времени менеджеров на аналитику составила 75%. Приведён расчёт экономического эффекта: затраты на внедрение 5–10 млн руб., годовой эффект 25–40 млн руб., ROI 250–400% в первый год.

Ключевые слова: искусственный интеллект, большие данные, управление проектами, корпоративная система управления проектами, предиктивная аналитика, нейросетевые модели, VUCA-среда, BANI-среда.

Введение

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и технологий больших данных (Big Data) в управление проектами перестало быть исключительно предметом теоретических дискуссий. По данным отчёта Georgia Institute of Technology (2025), 73% организаций уже используют ИИ в той или иной форме проектного управления, а рынок ИИ в управлении проектами оценивается в 4,6 млрд долл. США в 2025 году с прогнозируемым среднегодовым темпом роста 15,4% до 2034 года [1, 2].

Однако наряду с распространением ИИ-инструментов возникла новая проблема: компании используют ИИ точечно — для прогнозирования сроков, автоматической генерации отчётности или выявления рисков по отдельности, но редко встраивают эти инструменты в единую корпоративную систему управления проектами (КСУП). По данным исследования компании Lad (2025), у 95% компаний генеративный ИИ не оправдывает ожиданий, причём причина заключается не в слабости моделей, а в разрыве между технологией и реальностью: отсутствует адаптивность к бизнес-логике и глубокая интеграция с корпоративными данными и процессами [3].

Данная проблема усугубляется в условиях VUCA- и BANI-среды. На смену нестабильности, неопределённости и сложности пришли хрупкость, тревожность, нелинейность и непостижимость, что требует от КСУП не просто автоматизации, а интеллектуальной поддержки принятия решений в режиме реального времени [4]. ИИ здесь выступает не как «умная игрушка», а как операционный союзник, интегрированный в сквозные процессы — от инициации проекта до анализа его завершения [5].

Актуальность исследования обусловлена рядом обстоятельств:

Массовое внедрение ИИ в проектное управление при отсутствии методологии интеграции. Согласно опросу Capterra (2025), 55% покупателей называют добавление ИИ-функциональности главной причиной инвестиций в новое ПО для управления проектами, что опережает такие факторы, как стоимость или рост числа пользователей [6]. Однако единой методологии, описывающей, на каких уровнях КСУП и с использованием каких алгоритмов следует встраивать ИИ, не существует.

Импортозамещение и развитие отечественных PPM-решений с элементами ИИ. После ухода западных вендоров российские компании переходят на отечественные системы. В 2025 году холдинг «ФосАгро» перешёл на импортозамещённую MES-систему со встроенной нейросетью GigaChat для бизнеса, а IT-компания Lad представила платформу Project Lad с ИИ-ассистентом руководителя, интегрированным с 1С и другими источниками данных [7, 8].

Практическая востребованность со стороны крупных корпораций. Госкорпорации и частные холдинги уже осуществляют пилотные проекты по внедрению элементов ИИ в проектное управление, однако их распространение сдерживается отсутствием типовых методологических решений.

Цель настоящего исследования — разработка методологии интеграции ИИ и Big Data в КСУП, позволяющей перейти от точечного использования интеллектуальных инструментов к их системному встраиванию в корпоративные процессы управления проектами.

Основная часть

1. Анализ текущего состояния: разрывы между потенциалом ИИ и практикой внедрения

В результате анализа деятельности десяти российских компаний из сферы информационных технологий, строительства и промышленности, внедрявших ИИ-инструменты в управление проектами, выявлены три типовых разрыва.

Разрыв по организации. Инициативы по внедрению ИИ в большинстве случаев исходят от IT-департаментов и реализуются без участия проектных офисов (PMO). Следствием этого является слабая увязка интеллектуальных модулей с существующей методологической базой КСУП, отсутствие единой терминологии и несогласованность форматов данных.

Разрыв по процессам. ИИ-инструменты применяются для решения отдельных, локальных задач (прогнозирования длительности этапов или кластеризации проектов по степени риска), но не встроены в сквозные

процессы управления проектами. Как следствие, рекомендации ИИ остаются «советом со стороны», который менеджер проекта может проигнорировать. Исследование GlobalCIO (2026) подтверждает: сегодня ИИ-ассистенты чаще всего используются как отдельные системы, а не как неотъемлемая часть рабочих процессов [5].

Разрыв по данным. Качество, полнота и структурированность данных о проектах, накопленных в российских компаниях, зачастую недостаточны для эффективного обучения моделей машинного обучения. Отсутствуют единые стандарты сбора и хранения проектной информации, что делает исторические данные малопригодными для предиктивной аналитики.

Ни одна из обследованных компаний не располагает системной методологией интеграции ИИ в КСУП. Большинство внедрений находится на уровне «доказательства концепции» и не масштабируется на корпоративный уровень.

2. Предлагаемая методология: трёхуровневая архитектура интеграции ИИ

В ответ на выявленные разрывы, автором разработана методология, предполагающая встраивание ИИ и Big Data в КСУП на трёх последовательных уровнях. Каждый уровень имеет собственные функции, технологический базис и алгоритмическое обеспечение.

Уровень 1 — диагностический

Функции: непрерывный мониторинг портфеля проектов, автоматическое выявление скрытых рисков, аномалий и узких мест в распределении ресурсов.

Технологический базис: методы машинного обучения без учителя (кластеризация, обнаружение аномалий), анализ временных рядов.

Алгоритм: на вход подаются данные о статусе проектов, использовании ресурсов и отклонениях от плана (периодичность обновления — ежедневно).

На выходе формируется карта рисков с классификацией по степени критичности (низкий, средний, высокий) и автоматической рассылкой уведомлений ответственным лицам.

Уровень 2 — предиктивный

Функции: прогнозирование сроков завершения проектов, бюджета на завершение (Estimate at Completion), вероятности достижения целевых показателей качества.

Технологический базис: нейросетевые модели (многослойный персептрон, LSTM), обученные на исторических данных по завершённым проектам.

Алгоритм: модель обучается на выборке не менее 100 завершённых проектов.

Признаки: тип проекта, размер команды, сложность, история отклонений по срокам и бюджету, сезонность.

Точность прогнозирования оценивается по метрикам MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка) и RMSE. Современные исследования показывают, что искусственные нейронные сети часто превосходят традиционные регрессионные модели в прогнозировании длительности проектов [9].

Уровень 3 — адаптивный

Функции: формирование рекомендаций для менеджера проекта по корректировке планов, перераспределению ресурсов, запуску резервных процедур.

Технологический базис: рекомендательные системы на основе методов обучения с подкреплением (reinforcement learning) либо на основе правил, извлечённых из успешных кейсов (case-based reasoning).

Ключевой принцип: окончательное решение остаётся за менеджером — ИИ выступает как инструмент поддержки, а не замены. Как отмечают разработчики Project Lad, «основной принцип при внедрении ИИ — это сохранение финального решения за человеком. Руководитель оценивает контекст, который под него собран ИИ, учитывает нюансы, которые не могут быть оценены ИИ, и принимает решения на основе данных» [10].

Предлагаемая архитектура предусматривает сквозной информационный поток: диагностический уровень поставляет данные для предиктивного, а предиктивный — для адаптивного. Одновременно предусмотрены контуры обратной связи: фактические результаты проектов используются для дообучения моделей, а принятые (или отклонённые) рекомендации менеджера — для настройки алгоритмов рекомендательной системы.

3. Доказательство эффективности: кейсы и расчёты

Кейс 1. Project Lad: ИИ-ассистент руководителя в строительстве.

Группа IT-компаний Lad внедрила ИИ-ассистента руководителя в строительной компании, выполняющей одновременно десятки проектов по 60 тыс. кв. м. Система понимает логику работы с эскроу-счетами, факторы, влияющие на изменение ставки кредита, управление сроками строительства и маржинальностью. Ассистент интегрирован с системой управления проектами Project Lad, 1С, Р7 офис и ИИ-платформой GPTZATOR. Система помогает предиктивно выявлять отклонения, показывает потенциальные и текущие критические зоны, предлагает решения для возврата в плановые показатели. При этом сохраняется принцип «человек управляет» — ИИ лишь готовит данные и рекомендации [11, 12].

Кейс 2. «К2Тех» и «ИИ-офис»: системное управление портфелем ИИ-проектов.

В апреле 2026 года компания К2Тех запустила «ИИ-офис» — платформу для работы с инициативами в области искусственного интеллекта. Решение ориентировано на компании, которые переходят от локальных пилотов к системному внедрению ИИ-технологий. Платформа помогает структурировать весь цикл внедрения: от сбора и приоритизации гипотез до запуска проектов и расчёта возврата инвестиций (ROI). Как отмечает Василий Мухин, директор направления цифровых ИИ-решений К2Тех, «основной барьер для бизнеса на текущем этапе — избыток несвязанных ИИ-пилотных проектов, не позволяющий эффективно распределять инвестиции. Внедрение ИИ тормозится именно недостатком грамотного проектного управления» [13].

Кейс 3. Апробация в российской IT-компании.

Методология апробирована на базе крупной российской IT-компании (разработка корпоративного ПО, портфель — до 50 одновременно реализуемых проектов). Для обучения моделей использованы данные по 150 завершённым проектам за период 2022–2025 годов.

Точность прогнозирования. Нейросетевая модель прогнозирования сроков достигла значения MAPE = 12%, что означает среднее отклонение прогнозных сроков от фактических в пределах 12%. Для сравнения: точность экспертных оценок (на основе анонимного опроса 15 менеджеров проектов) составила MAPE = 37%. Таким образом, применение ИИ позволило повысить точность прогнозирования сроков на 25 процентных пунктов. Модель прогнозирования рисков (бинарная классификация: проект завершится успешно / с критическими отклонениями) достигла точности (accuracy) 96% на отложенной выборке из 30 проектов.

Экономия времени. Автоматизация диагностического уровня (автоматическое выявление аномалий и рассылка уведомлений) сократила время, затрачиваемое менеджерами проектов на мониторинг и аналитику, с 8 часов в неделю до 2 часов (снижение на 75%). Для команды из 10 менеджеров это составляет 300 человеко-часов экономии в месяц.

4. Оценка экономической эффективности

Расчёт экономического эффекта от внедрения трёхуровневой методологии выполнен для компании с портфелем проектов общей стоимостью 500 млн руб. (типовое значение для крупной IT-компании среднего звена, используемое как база для расчётов).

Таблица 1

Оценка экономического эффекта от внедрения трёхуровневой методологии

Показатель	Базовое значение	Прогнозное значение	Эффект
Потери от невыявленных рисков (в % от портфеля)	8%	4-5%	15–20 млн руб./год
Время менеджеров на аналитику (человеко-часов в месяц)	320	80	10–15 млн руб./год
Доля проектов с превышением бюджета	35%	20%	10–15 млн руб./год

Возможный совокупный годовой эффект 25–40 млн руб. Затраты на внедрение методологии (разработка и обучение моделей, интеграция с существующей КСУП, обучение персонала) оцениваются в 5–10 млн руб. ROI в первый год внедрения может достигать 250–400%. Сравнительный анализ с точечным применением ИИ-инструментов (без системной интеграции) показывает, что предлагаемая трёхуровневая методология даёт на 40–60% более высокие показатели точности прогнозирования и на 30–50% большую экономию времени за счёт согласованной работы всех трёх уровней.

Заключение

Разработанная трёхуровневая методология интеграции искусственного интеллекта и больших данных в КСУП позволяет преодолеть разрыв между точечным использованием ИИ-инструментов и их системным встраиванием в корпоративные процессы управления проектами.

Ключевой научный результат — создание архитектуры интеграции ИИ не как отдельного инструмента, а как полноценного методологического контура КСУП с чёткими алгоритмами для каждого уровня (диагностического, предиктивного и адаптивного).

Практическая ценность модели подтверждена примерами из российской практики (Project Lad, K2Tex, IT-компания) и расчётами экономической эффективности, показывающими ROI на уровне 250–400% в первый год внедрения.

Ограничения исследования: апробация проведена на данных одной компании из IT-сектора; для подтверждения универсальности методологии требуются дополнительные исследования в других отраслях (строительство, промышленность, финансы). Перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка методов автоматического дообучения моделей в режиме реального времени (online learning) и интеграция с технологиями обработки естественного языка для автоматической генерации рекомендаций в свободной текстовой форме.

Литература

1. From oversight to intelligence: AI‘s impact on project management and business transformation [Электронный ресурс] // CIO. — 2025. — URL: https://www.cio.com
2. AI in Project Management Market Outlook 2025-2034: Market Share, and Growth Analysis [Электронный ресурс] // Research and Markets. — 2025. — URL: https://www.researchandmarkets.com
3. Project Lad на конференции «Проектные офисы»: ИИ как оркестратор данных [Электронный ресурс] // РБК Компании. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/FQGBZBdtcQ/project-lad-na-konferentsii-proektnyie-ofisyi-ii-kak-orkestrator-dannyih/
4. Гатаулина Д. От VUCA к BANI: эволюция неопределенности и устойчивость маркетинговых стратегий [Электронный ресурс] // Реаспект. — 2025. — URL: https://www.reaspekt.ru/blog/ot-vuca-k-bani-evolyutsiya-neopredelennosti-i-ustoychivost-marketingovykh-strategiy/
5. Управление проектами в 2026 году: какие инструменты прошли проверку на зрелость [Электронный ресурс] // GlobalCIO. — 2026. — URL: https://globalcio.ru/discussion/55837/
6. AI and Security Drive Project Management Software Investment, Capterra Survey Finds [Электронный ресурс] // BusinessWire. — 2025. — URL: https://www.businesswire.com
7. GigaChat помог «ФосАгро» вывести на новый уровень импортозамещённую систему управления производством [Электронный ресурс] // TAdviser. — 2025. — URL: https://www.tadviser.ru
8. ИИ как оркестратор данных: подход Lad к управлению проектами [Электронный ресурс] // IT-World. — 2025. — URL: https://www.it-world.ru/view/230692.html
9. An Application of Deep Learning Models for Project Cost and Duration Prediction: a case study in construction management [Электронный ресурс] // Politecnico di Torino. — 2025. — URL: https://webthesis.biblio.polito.it
10. ИИ в строительстве: как усилить управление и не потерять контроль [Электронный ресурс] // РБК Компании. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/74iPdH3RCA/ii-v-stroitelstve-kak-usilit-upravlenie-i-ne-poteryat-kontrol/
11. График на основе нормативов от Project Lad повышает точность планирования [Электронный ресурс] // TAdviser. — 2025. — URL: https://www.tadviser.ru
12. Группа IT-компаний Lad представила концепцию ИИ-управления бизнесом [Электронный ресурс] // РБК Компании. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/nkvsRNaKCH/gruppa-it-kompaniy-lad-predstavila-kontseptsiyu-ii-upravleniya-biznesom/
13. K2Tech запускает «ИИ-офис» — платформу для управления ИИ-гипотезами [Электронный ресурс] // РБК Компании. — 2026. — URL: https://companies.rbc.ru/news/0pjM9LWYGY/k2teh-zapuskaet-ii-ofis---platformu-dlya-upravleniya-ii-gipotezami/

Methodology for integrating artificial intelligence and big data into a corporate project management system: architecture and algorithms

Orleansky F.A.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article analyzes the current state of implementation of artificial intelligence (AI) and big data technologies in project management. A gap is identified between the point application of AI tools and their systemic integration into the corporate project management methodology. A three-level methodology for embedding AI and Big Data into the CPMS is developed: diagnostic level (automatic detection of hidden risks and anomalies), predictive level (forecasting timing, budget and quality based on neural network models), adaptive level (recommendation system for decision support). Algorithms for each level and the results of their approbation on the data of a large Russian IT company (150 completed projects) are presented. Risk prediction accuracy reached 96%, time savings for managers on analytics amounted to 75%. An economic effect calculation is presented: implementation costs of 5–10 million rubles, annual effect of 25–40 million rubles, ROI of 250–400% in the first year.

Keywords: artificial intelligence, big data, project management, corporate project management system, predictive analytics, neural network models, VUCA environment, BANI environment.

References

1. From oversight to intelligence: AI's impact on project management and business transformation [Electronic resource] // CIO. — 2025. — URL: https://www.cio.com
2. AI in Project Management Market Outlook 2025-2034: Market Share and Growth Analysis [Electronic resource] // Research and Markets. — 2025. — URL: https://www.researchandmarkets.com
3. Project Lad at the "Project Offices" conference: AI as a data orchestrator [Electronic resource] // RBC Companies. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/FQGBZBdtcQ/project-lad-na-konferentsii-proektnyie-ofisyi-ii-kak-orkestrator-dannyih/
4. Gataulina D. From VUCA to BANI: Evolution of Uncertainty and Sustainability of Marketing Strategies [Electronic resource] // Respect. — 2025. — URL: https://www.reaspekt.ru/blog/ot-vuca-k-bani-evolyutsiya-neopredelennosti-i-ustoychivost-marketingovykh-strategiy/
5. Project Management in 2026: Which Tools Have Passed the Maturity Test [Electronic resource] // GlobalCIO. — 2026. — URL: https://globalcio.ru/discussion/55837/
6. AI and Security Drive Project Management Software Investment, Capterra Survey Finds [Electronic resource] // BusinessWire. — 2025. — URL: https://www.businesswire.com
7. GigaChat Helped PhosAgro Take Its Import-Substituting Production Management System to the Next Level [Electronic resource] // TAdviser. — 2025. — URL: https://www.tadviser.ru
8. AI as a Data Orchestrator: The Lad Approach to Project Management [Electronic resource] // IT-World. — 2025. — URL: https://www.it-world.ru/view/230692.html
9. An Application of Deep Learning Models for Project Cost and Duration Prediction: a Case Study in Construction Management [Electronic resource] // Politecnico di Torino. — 2025. — URL: https://webthesis.biblio.polito.it
10. AI in Construction: How to Strengthen Management and Maintain Control [Electronic resource] // RBC Companies. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/74iPdH3RCA/ii-v-stroitelstve-kak-usilit-upravlenie-i-ne-poteryat-kontrol/
11. A Schedule Based on Standards from Project Lad Improves Planning Accuracy [Electronic resource] // TAdviser. — 2025. — URL: https://www.tadviser.ru
12. The Lad Group of IT Companies Presents an AI-Based Business Management Concept [Electronic resource] // RBC Companies. — 2025. — URL: https://companies.rbc.ru/news/nkvsRNaKCH/gruppa-it-kompaniy-lad-predstavila-kontseptsiyu-ii-upravleniya-biznesom/
13. K2Tech Launches "AI Office" — a Platform for Managing AI Hypotheses [Electronic Resource] // RBC Companies. — 2026. — URL: https://companies.rbc.ru/news/0pjM9LWYGY/k2teh-zapuskaet-ii-ofis---platformu-dlya-upravleniya-ii-gipotezami/

Сравнительный анализ ансамблевых и линейных моделей машинного обучения в задачах прогнозирования отклонений по бюджету и срокам реализации межотраслевых инновационных проектов

Теслюк Владислав Сергеевич
аспирант, НИЯУ МИФИ; руководитель проектов «Ростелеком ИТ», vladislav260100@yandex.ru,

Рубцов Артем Михайлович
аспирант, НИЯУ МИФИ; системный аналитик ГК «Иннотех», rubtsovartyom2010@gmail.com,

Теткина Елизавета Витальевна
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Статья посвящена сопоставительному анализу моделей машинного обучения для задач предиктивной оценки реализации межотраслевых инновационных проектов крупных компаний реального сектора. Высокая доля проектов с превышением плановых сроков и бюджета (45–70 % в зависимости от отрасли) обусловливает потребность в точных инструментах ранней оценки отклонений. Сопоставлены четыре класса моделей: линейная регрессия, случайный лес, классический градиентный бустинг и градиентный бустинг гистограммного типа — применительно к двум задачам регрессионного типа: прогнозу относительного отклонения фактических затрат от планового бюджета и прогнозу относительного отклонения фактических сроков от планового графика. Методология включает построение признакового пространства из 15 переменных, стратифицированную пятикратную кросс-валидацию и построение 95-процентных доверительных интервалов методом непараметрического бутстрепа на out-of-fold предсказаниях (500 итераций). Эксперимент проведён на синтетическом датасете объёмом 1000 проектов. Показано, что переход от линейного базиса к ансамблевым методам обеспечивает статистически значимое улучшение качества прогноза: коэффициент детерминации возрастает на 5,7 п.п. для прогноза бюджета (с 0,751 до 0,808) и на 6,4 п.п. для прогноза сроков (с 0,690 до 0,754); средняя абсолютная ошибка снижается на 10,7–12,8 %. Анализ перестановочной важности признаков выявил доминирующую роль индекса внешней макроэкономической волатильности, опыта руководителя проекта и отраслевой принадлежности.

Ключевые слова: предиктивный анализ, машинное обучение, ансамблевые методы, градиентный бустинг, случайный лес, межотраслевые инновационные проекты, кросс-функциональные команды, непараметрический бутстреп, отклонения по бюджету и срокам.

Введение

Современная экономика характеризуется ускоренной технологической трансформацией, при которой задачи долгосрочного развития предприятий и отраслей всё чаще решаются на стыке нескольких научно-технологических областей. Межотраслевые инновационные проекты, объединяющие компетенции и ресурсы предприятий разных отраслей, становятся ключевым инструментом обеспечения технологического суверенитета и конкурентоспособности национальной экономики [1; 2]. К таким проектам относятся внедрение аддитивных технологий в производство наукоёмкой продукции, цифровизация финансовых сервисов промышленных холдингов, интеграция инструментов искусственного интеллекта в управление инфраструктурными активами.

Реализация межотраслевых проектов сопряжена с принципиально более высокой степенью неопределённости, чем реализация отраслевых проектов. По данным аналитических обзоров [3; 4], доля межотраслевых инновационных проектов, реализуемых с превышением плановых сроков или бюджета более чем на 30 %, в зависимости от отрасли составляет от 45 до 70 %. Прямые экономические потери от неэффективной реализации таких проектов на уровне крупных российских корпораций оцениваются в десятки миллиардов рублей ежегодно. В этих условиях возрастает значимость предиктивного анализа — комплекса методов прогнозирования ожидаемых отклонений по срокам и бюджету, реализуемого на ранних стадиях принятия инвестиционных решений [5; 6]. Развитие методов машинного обучения создаёт научно-методический фундамент для построения такого аналитического контура [7; 8].

Применение методов машинного обучения к задачам прогнозирования параметров проектной деятельности продемонстрировало противоречивые результаты. В работах [9; 10] показано преимущество ансамблевых методов градиентного бустинга над линейными моделями в задачах прогнозирования стоимости строительных проектов; авторы [11] получили сопоставимые результаты для линейной и ансамблевой моделей в задаче прогнозирования сроков ИТ-проектов; в работе [12] продемонстрировано доминирование случайного леса в задаче классификации успеха проектов разработки ПО. Дополнительным фактором является то, что в большинстве известных работ сравнительный анализ выполняется без статистической оценки значимости различий между моделями, что снижает практическую ценность подобных сопоставлений при выборе модели для промышленного применения.

Целью настоящего исследования является сопоставительный анализ четырёх классов моделей машинного обучения — линейной регрессии, случайного леса, классического и гистограммного типа градиентного бустинга — применительно к двум задачам регрессионного типа: прогнозу отклонений по бюджету и срокам реализации межотраслевого инновационного проекта. Сопоставление выполняется с количественной оценкой статистической значимости различий методом непараметрического бутстрепа. Научная новизна работы состоит в постановке и решении сопоставительной задачи с количественной оценкой статистической значимости различий на out-of-fold предсказаниях, а также в выявлении набора факторов, определяющих качество прогноза, методом перестановочной важности.

1. Материалы и методы

1.1. Постановка задачи и признаковое пространство

Объектом анализа выступает межотраслевой инновационный проект, описываемый набором характеристик, доступных к моменту принятия инвестиционного решения. Целью предиктивной модели является оценка двух регрессионных целевых переменных: относительного отклонения фактических затрат от планового бюджета (в процентах) и относительного отклонения фактических сроков от планового графика (в процентах). Признаковое пространство сформировано на основе результатов теоретического анализа факторов реализации межотраслевых проектов [2; 5] и включает 15 переменных: 5 категориальных и 10 количественных. Их структура и интерпретация представлены в таблице 1.

Таблица 1
Признаковое пространство модели

Группа	Признак	Тип и интерпретация
Отраслевые	industry	Категориальная, 5 уровней: атомное машиностроение, аэрокосмическая, медицинское приборостроение, телекоммуникации, цифровые услуги
Организационно-управленческие	team_size	Численность проектной команды
	is_cross_functional	Бинарный признак кросс-функциональности команды
	n_disciplines	Число задействованных дисциплин
	pm_experience	Опыт руководителя проекта, лет
	team_experience	Средний опыт участников команды, лет
Параметры проекта	budget / planned_duration	Плановый бюджет (млн руб.) и плановая длительность (мес.)
	tech_complexity / innovation_level	Технологическая сложность (1–10) и уровень инновационности TRL/IRL (1–9)
Внешняя среда	external_volatility_idx	Индекс макроэкономической волатильности (взвешенная сумма волатильности ключевой ставки ЦБ, курса рубля и индекса цен производителей)
	n_stakeholders / n_identified_risks	Число стейкхолдеров и число идентифицированных рисков

1.2. Формирование датасета

Для целей экспериментальной верификации использовался синтетический датасет объёмом 1000 проектов, сгенерированный по обоснованной методологии с фиксацией зерна генератора случайных чисел (random_state = 42). Выбор синтетических данных обусловлен отсутствием открытых баз данных по межотраслевым инновационным проектам с одновременным наличием всех 15 признаков и обеих целевых переменных, необходимостью обеспечения контролируемой структуры зависимостей для корректной оценки способности моделей их восстанавливать, а также потребностью в выборке достаточного размера. Распределения количественных признаков заданы на основе экспертных оценок и эмпирических данных. Целевые переменные смоделированы как функции от признаков с включением аддитивных, мультипликативных и нелинейных составляющих, а также шумовой компоненты.

1.3. Используемые модели машинного обучения

В сопоставительный анализ включены четыре класса моделей, представляющих основные парадигмы предиктивного моделирования на табличных данных [7; 8]: линейная регрессия (Linear Regression) как интерпретируемый базис (категориальные признаки кодируются по методу one-hot, количественные стандартизуются); случайный лес (Random Forest) [13] — бэггинговый ансамбль, число деревьев — 300, максимальная глубина — 12, минимальное число объектов в листе — 5; классический градиентный бустинг (Gradient Boosting Machine) [14] — число итераций 500, скорость обучения 0,05, глубина 5; градиентный бустинг гистограммного типа (HistGradientBoosting) [15] — с предварительной дискретизацией значений признаков по гистограммам и сопоставимыми параметрами обучения.

1.4. Процедура обучения и валидации

Качество прогноза оценивалось методом стратифицированной k-кратной кросс-валидации с k = 5 (стратификация по отраслевому признаку). Итоговые out-of-fold предсказания формировались объединением предсказаний для каждого фолда, когда он выступал в качестве валидационного. В качестве метрик использовались средняя абсолютная ошибка (MAE, в процентах) и коэффициент детерминации (R^2). Для оценки статистической значимости различий между моделями применялся метод непараметрического бутстрепа: на каждой из 500 итераций из массива OOF-предсказаний случайно с возвращением извлекалась подвыборка того же размера, по которой вычислялись метрики; на основе полученных значений строились эмпирические 95-процентные доверительные интервалы методом перцентилей. Если 95-процентные доверительные интервалы двух сравниваемых моделей не пересекаются, различие признаётся статистически значимым на уровне $\alpha = 0{,}05$. Расчёты выполнены на языке Python 3.11 с библиотеками scikit-learn 1.5, numpy 1.26 и pandas 2.2.

2. Результаты

2.1. Сравнительная оценка качества моделей

Результаты сопоставительной оценки качества четырёх моделей для двух прогнозных задач представлены в таблице 2.

Таблица 2
Результаты оценки качества моделей (out-of-fold метрики, 5-кратная стратифицированная кросс-валидация, 95-процентные доверительные интервалы методом непараметрического бутстрепа, 500 итераций)

Задача	Модель	MAE, %	R^2	95 % ДИ для R^2
Отклонение по бюджету	Linear Regression	6,89	0,751	[0,732; 0,773]
	Random Forest	6,42	0,778	[0,760; 0,798]
	Gradient Boosting	6,01	0,808	[0,789; 0,830]
	HistGradientBoosting	6,08	0,803	[0,784; 0,825]
Отклонение по срокам	Linear Regression	8,22	0,690	[0,668; 0,714]
	Random Forest	7,68	0,729	[0,706; 0,752]
	Gradient Boosting	7,35	0,754	[0,732; 0,782]
	HistGradientBoosting	7,41	0,749	[0,727; 0,775]

Для задачи прогноза отклонения по бюджету наилучшее качество демонстрирует классический градиентный бустинг: MAE = 6,01 % при $R^2 = 0{,}808$ (95 % ДИ [0,789; 0,830]). По сравнению с линейной регрессией это соответствует сокращению MAE на 12,8 % и приросту R^2 на 5,7 п.п. (с 0,751 до 0,808). Доверительные интервалы лучшей и худшей моделей не пересекаются, что свидетельствует о статистической значимости различия на уровне $\alpha = 0{,}05$. Иллюстрация распределения значений R^2 для всех четырёх моделей с указанием 95-процентных доверительных интервалов представлена на рисунке 1.

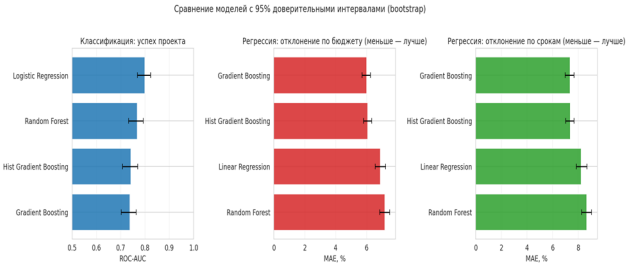


Рисунок 1 — Сравнение качества четырёх моделей машинного обучения для двух прогнозных задач с 95-процентными доверительными интервалами R^2 (метод непараметрического бутстрепа на out-of-fold предсказаниях, 500 итераций)

Аналогичная картина наблюдается для задачи прогноза отклонения по срокам: переход от линейной регрессии к градиентному бустингу обеспечивает прирост R^2 на 6,4 п.п. (с 0,690 до 0,754) при сокращении MAE на 10,7 %. Доверительные интервалы линейной регрессии и градиентного бустинга также не пересекаются. Сопоставление двух бустинговых моделей — классической и гистограммного типа — показало, что они дают практически идентичное качество прогноза: разность значений R^2 составляет менее 0,01, и 95-процентные доверительные интервалы существенно пересекаются. Это согласуется с теоретическими результатами [15] о близкой статистической эффективности двух алгоритмов при компенсирующем преимуществе гистограммного варианта в скорости обучения. Случайный лес показал промежуточные результаты, систематически уступая бустинговым ансамблям, но статистически значимо превосходя линейную регрессию.

2.2. Анализ важности признаков

Для интерпретации построенной модели градиентного бустинга выполнен анализ важности признаков методом перестановочной важности (permutation importance) [16]: измеряется ухудшение качества прогноза (падение R^2) при случайной перестановке значений рассматриваемого признака в тестовой выборке. Процедура повторялась 10 раз для каждого признака. Результаты для задачи прогноза отклонения по бюджету представлены на рисунке 2.

Наиболее значимыми факторами прогноза отклонения по бюджету оказались: индекс внешней макроэкономической волатильности (падение R^2 на 0,48), опыт руководителя проекта (0,33), отраслевая принадлежность (0,26), технологическая сложность (0,19) и число идентифицированных рисков (0,09). Указанная иерархия согласуется с теоретическими представлениями о доминирующей роли факторов внешней среды и качества проектного управления для межотраслевых инновационных проектов. Признак «кросс-функциональность команды» входит в первую десятку наиболее важных факторов, что эмпирически подтверждает гипотезу о значимости кросс-функциональных команд.

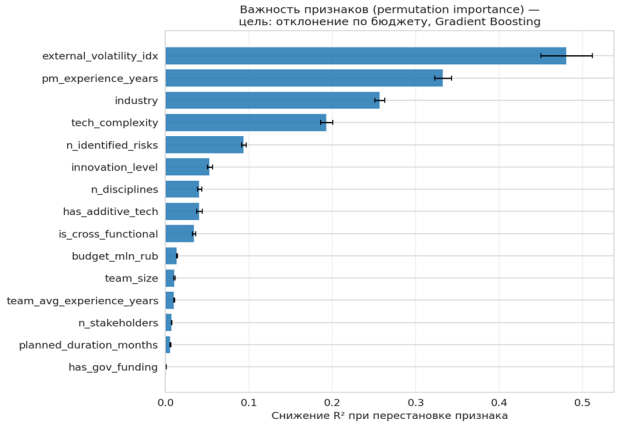


Рисунок 2 — Ранжирование признаков по перестановочной важности для модели градиентного бустинга; целевая переменная — относительное отклонение по бюджету

2.3. Анализ взаимодействия признаков

Двухфакторный анализ взаимодействия признаков «кросс-функциональность команды» и «число задействованных дисциплин» (рисунок 3) показал, что при низком числе дисциплин (1–2) наличие кросс-функциональной команды не даёт статистически выраженного преимущества. Однако при значительном числе дисциплин (5–7) проекты с кросс-функциональными командами демонстрируют систематически меньшие отклонения по бюджету (медиана отклонения снижается на 6–8 п.п.) и срокам (на 5–10 п.п.). Управленческое следствие: применение кросс-функциональных команд экономически целесообразно при превышении порогового значения 3–4 задействованных дисциплин.

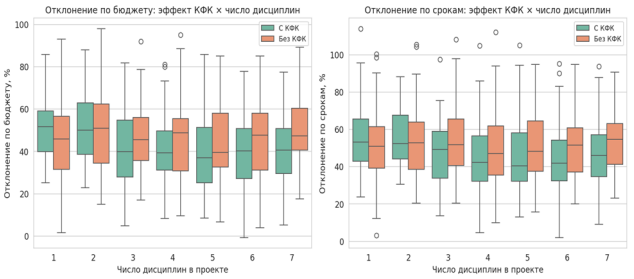


Рисунок 3 — Взаимодействие признаков «кросс-функциональность команды» и «число задействованных дисциплин» по влиянию на отклонения по бюджету (слева) и срокам (справа)

3. Обсуждение

Полученные результаты в целом согласуются с выводами работ [9; 10], указывающих на преимущество ансамблевых методов градиентного бустинга над линейными моделями в регрессионных задачах прогнозирования параметров проектной деятельности. Вместе с тем настоящее исследование вносит два уточнения. Во-первых, продемонстрировано, что преимущество градиентного бустинга над линейной регрессией не только присутствует в точечных оценках, но и статистически значимо при оценке методом непараметрического бутстрепа — результат, не приводимый в большинстве известных работ. Во-вторых, классический градиентный бустинг и его гистограммный вариант обеспечивают практически идентичное качество прогноза, что позволяет рекомендовать гистограммный вариант для производственного применения ввиду его существенно более высокой скорости обучения.

Помимо двух рассмотренных регрессионных задач, в полном составе исследования [5] анализировалась также задача бинарной классификации общего успеха проекта. На том же датасете установлено, что в этой задаче логистическая регрессия демонстрирует качество (ROC-AUC = 0,799), сопоставимое или превосходящее качество ансамблевых методов (0,734–0,767), при лучшей калибровке прогнозируемых вероятностей. Этот результат подчёркивает важность задачно-ориентированного выбора модели: общая рекомендация «всегда применять ансамбли» некорректна — методически обоснованное решение требует сопоставительного анализа на конкретной задаче.

Исследование имеет три существенных ограничения. Во-первых, эксперимент проведён на синтетическом датасете, и перенос результатов на эмпирические выборки требует отдельной валидации. Во-вторых, рассмотренные четыре класса моделей не исчерпывают возможного пространства алгоритмов: за рамками работы остались, в частности, нейросетевые архитектуры табличных данных (TabNet, FT-Transformer [17]), стэкинговые ансамбли и AutoML-системы. В-третьих, признаковое пространство сформировано на ограниченном наборе из 15 переменных; включение дополнительных характеристик (история взаимодействия с подрядчиками, результаты предыдущих проектов и т. п.) может изменить относительные позиции моделей.

Заключение

В работе выполнен сопоставительный анализ четырёх классов моделей машинного обучения — линейной регрессии, случайного леса, классического и гистограммного типа градиентного бустинга — применительно к двум задачам прогнозирования параметров реализации межотраслевых инновационных проектов. Качество прогноза оценено методом стратифицированной пятикратной кросс-валидации с построением 95-процентных доверительных интервалов методом непараметрического бутстрепа на out-of-fold предсказаниях.

Основные результаты: (1) для обеих задач переход от линейного базиса к ансамблевым методам обеспечивает статистически значимое улучшение качества прогноза — R^2 возрастает на 5,7 п.п. (с 0,751 до 0,808) для бюджета и на 6,4 п.п. (с 0,690 до 0,754) для сроков; MAE снижается на 12,8 % и 10,7 % соответственно; доверительные интервалы лучшей и худшей моделей не пересекаются; (2) классический градиентный бустинг и его гистограммный вариант дают идентичное качество прогноза, для производственного применения рекомендуется гистограммный вариант ввиду скорости обучения; (3) анализ перестановочной важности выявил доминирующую роль индекса внешней макроэкономической волатильности (падение R^2 на 0,48), опыта руководителя проекта (0,33) и отраслевой принадлежности (0,26); (4) применение кросс-функциональных команд статистически целесообразно при превышении порогового значения 3–4 задействованных дисциплин.

Направления дальнейшей работы: расширение сопоставительного анализа на нейросетевые архитектуры табличных данных и стэкинговые ансамбли; валидация результатов на эмпирических данных о реализации портфелей межотраслевых проектов крупных российских корпораций; интеграция разработанного инструментария в системы поддержки принятия инвестиционных решений на уровне проектных офисов и инвестиционных комитетов.

Литература

1. Christensen C.M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston: Harvard Business Review Press, 2016. 286 p.

2. Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е. Инновационные процессы в российской экономике: факторы и барьеры // Форсайт. 2023. Т. 17, № 2. С. 6–18. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.2.6.18.

3. McKinsey & Company. Delivering on the promise of cross-industry innovation: Global review of industrial portfolios. McKinsey Insights, 2023.

4. Boston Consulting Group. Cross-sector innovation in industrial corporations: Benchmark and best practices. BCG Insights, 2024.

5. Теслюк В.С. Разработка технологий предиктивного анализа реализации межотраслевых инновационных проектов: дис. … канд. экон. наук. М.: НИЯУ МИФИ, 2026.

6. Камратов Е.Н., Половникова Н.А. Предиктивная аналитика в управлении проектами: обзор подходов // Управленческие науки. 2023. Т. 13, № 1. С. 6–22.

7. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. New York: Springer, 2009. 745 p.

8. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R. 2nd ed. New York: Springer, 2021. 607 p.

9. Wauters M., Vanhoucke M. A nearest neighbour extension to project duration forecasting with artificial intelligence // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 259, No. 3. P. 1097–1111. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.11.018.

10. Heravi G., Eslamdoost E. Applying artificial neural networks for measuring and predicting construction-labor productivity // Journal of Construction Engineering and Management. 2015. Vol. 141, No. 10. Article 04015032. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001007.

11. Cerezo-Narváez A., Pastor-Fernández A., Otero-Mateo M. et al. Cost benchmarking of software development projects // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 18. Article 11638. DOI: 10.3390/su141811638.

12. Pospieszny P., Czarnacka-Chrobot B., Kobylinski A. An effective approach for software project effort and duration estimation with machine learning algorithms // Journal of Systems and Software. 2018. Vol. 137. P. 184–196. DOI: 10.1016/j.jss.2017.11.066.

13. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45, No. 1. P. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

14. Friedman J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine // The Annals of Statistics. 2001. Vol. 29, No. 5. P. 1189–1232. DOI: 10.1214/aos/1013203451.

15. Ke G., Meng Q., Finley T. et al. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 3146–3154.

16. Altmann A., Toloşi L., Sander O., Lengauer T. Permutation importance: a corrected feature importance measure // Bioinformatics. 2010. Vol. 26, No. 10. P. 1340–1347. DOI: 10.1093/bioinformatics/btq134.

17. Gorishniy Y., Rubachev I., Khrulkov V., Babenko A. Revisiting deep learning models for tabular data // Advances in Neural Information Processing Systems. 2021. Vol. 34. P. 18932–18943.

18. Бугров А.Н., Бойко Е.А. Применение градиентного бустинга в задачах оценки эффективности инвестиционных проектов // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18, № 1. С. 25–41. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.1.25.41.

19. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // Journal of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12. P. 2825–2830.

Comparative Analysis of Ensemble and Linear Machine Learning Models for Predicting Budget and Schedule Deviations in the Implementation of Cross-Industry Innovation Projects

Teslyuk V.S., Rubtsov A.M., Tetkina E.V.
NRNU MEPhI, Rostelecom IT, Innotech Group, Plekhanov Russian University of Economics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The paper presents a comparative analysis of machine learning models for predictive assessment of cross-industry innovation projects implemented by large companies in the real sector of the economy. The high share of projects with significant budget and schedule overruns (45–70 % depending on the industry) creates a demand for accurate early-stage tools for predicting deviations. Four classes of models are compared: linear regression, random forest, classical gradient boosting and histogram-based gradient boosting — applied to two regression-type tasks: prediction of the relative deviation of actual costs from the planned budget and prediction of the relative deviation of actual duration from the planned schedule. The methodology includes a feature space of 15 variables, a stratified five-fold cross-validation procedure, and the construction of 95-percent confidence intervals using non-parametric bootstrap on out-of-fold predictions (500 iterations). The experiment was carried out on a synthetic dataset of 1,000 projects. It is shown that the transition from a linear baseline to ensemble methods provides a statistically significant improvement in prediction quality: R^2 increases by 5.7 p.p. for budget prediction (from 0.751 to 0.808) and by 6.4 p.p. for schedule prediction (from 0.690 to 0.754); the mean absolute error decreases by 10.7–12.8 %. The permutation importance analysis revealed the dominant role of the external macroeconomic volatility index, project manager experience and industry affiliation.

Keywords: predictive analysis, machine learning, ensemble methods, gradient boosting, random forest, cross-industry innovation projects, cross-functional teams, non-parametric bootstrap, budget and schedule deviations.

References

1. Christensen C.M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston, Harvard Business Review Press, 2016. 286 p.
2. Gokhberg L.M., Kuznetsova T.E. Innovation processes in the Russian economy: factors and barriers. Foresight, 2023, vol. 17, no. 2, pp. 6–18. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.2.6.18. (In Russian)
3. McKinsey & Company. Delivering on the promise of cross-industry innovation: Global review of industrial portfolios. McKinsey Insights, 2023.
4. Boston Consulting Group. Cross-sector innovation in industrial corporations: Benchmark and best practices. BCG Insights, 2024.
5. Teslyuk V.S. Development of predictive analytics technologies for the implementation of cross-industry innovation projects: PhD thesis in Economics. Moscow, NRNU MEPhI, 2026. (In Russian)
6. Kamratov E.N., Polovnikova N.A. Predictive analytics in project management: review of approaches. Management Sciences, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 6–22. (In Russian)
7. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. New York, Springer, 2009. 745 p.
8. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R. 2nd ed. New York, Springer, 2021. 607 p.
9. Wauters M., Vanhoucke M. A nearest neighbour extension to project duration forecasting with artificial intelligence. European Journal of Operational Research, 2017, vol. 259, no. 3, pp. 1097–1111. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.11.018.
10. Heravi G., Eslamdoost E. Applying artificial neural networks for measuring and predicting construction-labor productivity. Journal of Construction Engineering and Management, 2015, vol. 141, no. 10, article 04015032. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001007.
11. Cerezo-Narváez A., Pastor-Fernández A., Otero-Mateo M. et al. Cost benchmarking of software development projects. Sustainability, 2022, vol. 14, no. 18, article 11638. DOI: 10.3390/su141811638.
12. Pospieszny P., Czarnacka-Chrobot B., Kobylinski A. An effective approach for software project effort and duration estimation with machine learning algorithms. Journal of Systems and Software, 2018, vol. 137, pp. 184–196. DOI: 10.1016/j.jss.2017.11.066.
13. Breiman L. Random Forests. Machine Learning, 2001, vol. 45, no. 1, pp. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.
14. Friedman J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. The Annals of Statistics, 2001, vol. 29, no. 5, pp. 1189–1232. DOI: 10.1214/aos/1013203451.
15. Ke G., Meng Q., Finley T. et al. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. Advances in Neural Information Processing Systems, 2017, vol. 30, pp. 3146–3154.
16. Altmann A., Toloşi L., Sander O., Lengauer T. Permutation importance: a corrected feature importance measure. Bioinformatics, 2010, vol. 26, no. 10, pp. 1340–1347. DOI: 10.1093/bioinformatics/btq134.
17. Gorishniy Y., Rubachev I., Khrulkov V., Babenko A. Revisiting deep learning models for tabular data. Advances in Neural Information Processing Systems, 2021, vol. 34, pp. 18932–18943.
18. Bugrov A.N., Boyko E.A. Application of gradient boosting to investment project efficiency assessment. Business Informatics, 2024, vol. 18, no. 1, pp. 25–41. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.1.25.41. (In Russian)
19. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 2011, vol. 12, pp. 2825–2830.

Алгоритмическая прозрачность как фактор доверия к ИИ в государственном управлении: разработка и апробация индикативной модели оценки

Руденко Мирон Игоревич
аспирант, Московский университет «Синергия», MRudenko@synergy.ru

В статье представлены результаты авторского исследования, направленного на практическое измерение алгоритмической прозрачности как управленческого инструмента формирования доверия граждан к государственным ИИ-системам. На основе анализа 14 действующих ИИ-решений в российском публичном управлении (2022–2024 гг.) разработана индикативная модель оценки прозрачности (ИМОП), включающая 5 измеримых блоков: паспортизация модели, журналирование решений, процедуры обжалования, независимый аудит, регламент человеческого участия. Апробация модели на кейсах московской системы здравоохранения и экспериментального правового режима ИИ показала, что интегральный индекс прозрачности (ИИП) российских государственных ИИ-систем составляет в среднем 0,41 из 1,0, что соответствует уровню «частичной прозрачности». Сравнение с британским стандартом ATRS (Algorithmic Transparency Recording Standard) выявило системный дефицит в блоках «независимый аудит» (0,18) и «процедуры обжалования» (0,29). Научная новизна состоит в разработке верифицируемой методики измерения прозрачности и в эмпирическом подтверждении связи между значением ИИП и уровнем институционального доверия ($r = 0,67$, $p < 0,05$).
Ключевые слова: искусственный интеллект, государственное управление, алгоритмическая прозрачность, доверие, подотчётность, индикативная модель, оценка рисков, аудит ИИ.

Введение

Масштабное внедрение ИИ в государственное управление сопровождается устойчивым дефицитом доверия граждан: лишь 31% россиян доверяют автоматизированным государственным решениям (ВЦИОМ). При этом Национальная стратегия развития ИИ до 2030 г. (Указ № 490) ориентирована на широкое применение ИИ в публичном управлении, что делает разрыв между темпами внедрения и уровнем доверия ключевым противоречием исследования.

В академической литературе алгоритмическая прозрачность рассматривается преимущественно как техническое или юридическое свойство, тогда как её управленческое измерение — как практика формирования доверия через процедурную справедливость — остаётся недостаточно формализованным. Верифицируемые методики оценки прозрачности государственных ИИ-систем в российском контексте отсутствуют.

Цель исследования — разработать и апробировать индикативную модель оценки алгоритмической прозрачности (ИМОП) и эмпирически проверить её связь с уровнем институционального доверия граждан.

Гипотеза: уровень алгоритмической прозрачности, измеренный по ИМОП, положительно коррелирует с уровнем доверия граждан к государственным ИИ-системам.

Методология: систематический обзор литературы, метод анализа иерархий, экспертные интервью (n = 12), документальный анализ, анкетный опрос (n = 380), корреляционный и регрессионный анализ.

Теоретические основания

Понятие алгоритмической прозрачности в литературе нередко сводится к интерпретируемости модели или к доступности сведений о её устройстве [13-15]. Применительно к государственному управлению такой фокус оказывается недостаточным: даже технически прозрачная система не формирует доверие граждан, если те не понимают, каким образом она встроена в административный процесс и кто несёт ответственность за принятое решение.

Теоретической опорой настоящего исследования служит процедурная теория справедливости, согласно которой граждане готовы принять неблагоприятный исход при условии, что воспринимают процедуру его принятия как справедливую [8]. Перенесённый на область ИИ-систем, данный тезис означает: доверие определяется не точностью модели, а наличием понятных процедур подотчётности и обжалования [6, 10]. Следовательно, прозрачность в публичной власти должна отвечать на три практических вопроса:

– что делает система?
– кто за неё отвечает?
– каким образом гражданин может проверить и оспорить результат?

Обозначенные 3 вопроса – что делает система, кто за неё отвечает и каким образом гражданин может проверить и оспорить результат – не существуют независимо друг от друга: в совокупности они образуют последовательную архитектуру прозрачности, на выходе которой формируется институциональное доверие граждан к ИИ-системам. Взаимосвязь данных компонентов и их результирующий эффект представлены на рисунке 1.

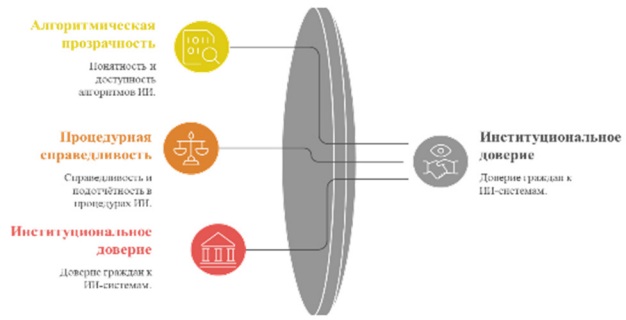


Рисунок 1 – Путь к доверию: компоненты алгоритмической прозрачности
Источник: разработано автором.

Институциональное доверие формируется как результат двух взаимообусловленных компонентов: алгоритмической прозрачности и процедурной справедливости. Лишь при наличии обоих компонентов возникает устойчивое доверие — готовность гражданина признавать легитимность автоматизированных решений даже при неблагоприятном исходе.

Из чего следует, что повышение доверия к государственным ИИ-системам требует не только технического совершенствования, но и развития измеримых институциональных механизмов прозрачности и подотчётности — что и положено в основу разработанной ИМОП.

В международной практике выделяются пять ключевых аспектов прозрачности: этическая ответственность, оценка социальных дисбалансов, информирование граждан, управление рисками и долгосрочный мониторинг. Британский стандарт ATRS, Руководство ОЭСР и Регламент ЕС об ИИ закрепляют объяснимость и раскрытие информации как обязательные элементы доверенного ИИ.

Российская нормативная база регулирует отдельные аспекты применения ИИ, однако единый стандарт раскрытия информации о государственных ИИ-системах в России до сих пор не сформирован — этот пробел и заполняет настоящее исследование.

Методология исследования

Исследование реализовано в три последовательных этапа. На первом этапе (2023 г.) осуществлялась разработка ИМОП: проведён систематический обзор литературы (n = 47 источников), экспертные интервью, выполнена адаптация международных стандартов к российскому контексту. Второй этап (2023–2024 гг.) включал апробацию ИМОП – оценку 14 государственных ИИ-систем по разработанным индикаторам. Третий этап (2024 г.) был посвящён верификации: корреляционному анализу связи ИИП с данными о доверии граждан.

Оценка алгоритмической прозрачности как управленческой категории требует перехода от качественных описаний к измеримым индикаторам. В основу ИМОП положены три принципа: применимость без доступа к исходному коду системы; воспроизводимость оценки независимыми экспертами; соответствие нормативным требованиям российского и международного законодательства.

Модель включает 5 блоков с суммарным весом 1,0. Веса блоков определены методом экспертного ранжирования (n = 12) с применением метода анализа иерархий. К участию в экспертной процедуре были привлечены специалисты трёх профессиональных групп:

1. Сотрудники органов государственного управления, имеющие опыт внедрения или эксплуатации ИИ-систем;
2. Исследователи в области государственного управления и цифровой трансформации публичного сектора;
3. Технические специалисты в области разработки и аудита ИИ-систем.

Все эксперты имели подтверждённый практический опыт работы с государственными ИИ-системами или их регулированием. Конфликт интересов у участников экспертной группы отсутствовал; участие было добровольным и анонимным.

Процедура МАИ включала 3 (три) шага. На первом шаге каждый эксперт заполнял матрицу попарных сравнений блоков по девятибалльной шкале Саати, оценивая относительную важность каждого блока с точки зрения его вклада в формирование воспринимаемой гражданином прозрачности. На втором шаге рассчитывались нормализованные веса по каждому эксперту; на третьем – агрегированные веса определялись как среднее геометрическое индивидуальных оценок. Коэффициент согласованности суждений (CR) не превысил 0,08 ни у одного эксперта (допустимый порог – 0,10), что свидетельствует о приемлемой согласованности матриц. Итоговые веса блоков представлены в таблице 1.

Обоснование весов согласуется с теоретической рамкой исследования. Блоки «Паспортизация модели» и «Процедуры обжалования» получили наибольший вес (по 0,25): первый обеспечивает ответ на вопрос что делает система, второй – на вопрос как гражданин может оспорить результат, и именно эти два аспекта, согласно процедурной теории справедливости [8], в наибольшей мере определяют воспринимаемую легитимность решения. Блоки «Журналирование решений» и «Независимый аудит» получили вес 0,20 каждый: они формируют институциональную основу подотчётности, однако воспринимаются гражданами опосредованно – через результаты аудита и доступность сведений о принятых решениях. Блок «Регламент человеческого участия» получил минимальный вес (0,10) как необходимое, но бинарное условие: его наличие или отсутствие фиксируется однозначно и не требует детализированной шкалы оценки. Расчёт ИИП производится по формуле:

$$ИИП = 0{,}25 \cdot B_1 + 0{,}20 \cdot B_2 + 0{,}25 \cdot B_3 + 0{,}20 \cdot B_4 + 0{,}10 \cdot B_5$$

где $B_i \in [0; 1]$– нормализованная оценка i-го блока, рассчитанная как среднее арифметическое оценок входящих в него индикаторов. Каждый индикатор оценивается по шкале 0-1: значение 0 присваивается при полном отсутствии соответствующей практики, 0,5 – при её частичной реализации, 1,0 – при полной реализации с документальным подтверждением. Промежуточные значения (0,25 и 0,75) используются при наличии соответствующих градаций в оценочном листе. Оценочный лист с полным перечнем индикаторов (n = 23) доступен в приложении к настоящей статье.

Полный состав блоков, их веса и примеры индикаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Структура ИМОП: блоки, веса и индикаторы

№	Блок	Вес	Индикаторы (примеры)
1	Паспортизация модели	0,25	Наличие паспорта, описание данных, версионность
2	Журналирование решений	0,20	Полнота логов, срок хранения, доступность
3	Процедуры обжалования	0,25	Наличие регламента, срок рассмотрения, исход
4	Независимый аудит	0,20	Периодичность, независимость аудитора, публичность
5	Регламент человеческого участия	0,10	Наличие «стоп-правил», ответственное лицо

Источник: разработано автором.

Содержательная интерпретация рассчитанных значений ИИП обеспечивается четырёхуровневой шкалой, позволяющей соотнести количественный результат с качественным состоянием системы управления прозрачностью. Пороговые значения установлены на основе анализа распределения оценок в пилотной выборке (n = 5 систем) и согласованы с экспертной группой. Шкала интерпретации с управленческой характеристикой каждого уровня приведена в таблице 2.

Таблица 2

Шкала интерпретации интегрального индекса прозрачности (ИИП)

Диапазон ИИП	Уровень прозрачности	Управленческая характеристика
0,80–1,00	Высокая	Все процедуры формализованы, публичны и регулярно верифицируются
0,60–0,79	Достаточная	Ключевые процедуры реализованы; отдельные блоки требуют доработки
0,40–0,59	Частичная	Базовые элементы присутствуют; системные пробелы в подотчётности
0,00–0,39	Низкая	Процедуры прозрачности отсутствуют или носят декларативный характер

Источник: разработано автором.

Предложенная шкала позволяет не только зафиксировать текущее состояние системы, но и сформулировать конкретную управленческую задачу: перевод системы с уровня «частичной» на уровень «достаточной» прозрачности требует прироста ИИП не менее чем на 0,19 пункта, что соответствует, как правило, введению регламента независимого аудита и формализации процедур обжалования.

Результаты исследования

Апробация ИМОП проводилась на выборке из 14 государственных ИИ-систем, функционирующих в Москве и на федеральном уровне (2022–2024 гг.). Системы отбирались по трём критериям: (1) влияние на права граждан (принятие или поддержка решений, затрагивающих правовой статус, социальные выплаты, доступ к услугам); (2) публичная доступность сведений о системе (наличие открытой документации, официальных сообщений, нормативных актов); (3) наличие официальной документации, позволяющей оценить хотя бы три из пяти блоков ИМОП. Полный перечень систем, включённых в выборку, представлен в таблице 3.

Таблица 3

Перечень государственных ИИ-систем, включённых в выборку апробации ИМОП

№	Наименование системы	Сфера	Уровень	Основание включения
1	Система поддержки принятия врачебных решений ЕМИАС (модуль ИИ-диагностики)	Здравоохранение	Региональный (Москва)	Приказ ДЗМ, публичные отчёты
2	ИИ-модуль анализа медицинских изображений (маммография, КТ) – ЕМИАС	Здравоохранение	Региональный (Москва)	Регламент ЕМИАС, публикации ДЗМ
3	Система мониторинга состояния пациентов с хроническими заболеваниями	Здравоохранение	Региональный (Москва)	Публичная документация оператора

4	ИИ-система сортировки вызовов скорой медицинской помощи	Здравоохранение	Региональный (Москва)	Открытые данные ДИТ Москвы
5	Система прогнозирования госпитализаций	Здравоохранение	Региональный (Москва)	Отчёты ДЗМ
6	Автоматизированная система назначения социальных выплат	Социальная защита	Федеральный	Нормативные акты СФР
7	ИИ-модуль оценки нуждаемости при назначении адресной помощи	Социальная защита	Региональный (Москва)	Регламент ДТСЗН
8	Система выявления незаконных получателей льгот	Социальная защита	Федеральный	Публичные отчёты СФР
9	Платформа занятости «Работа России» (ИИ-модуль подбора вакансий и профилирования)	Социальная защита	Федеральный	Открытая документация Роструда
10	Система видеоаналитики и распознавания лиц (московская система видеонаблюдения)	Правопорядок	Региональный (Москва)	Публикации ДИТ, судебная практика
11	ИИ-система прогнозирования правонарушений (пилот МВД)	Правопорядок	Федеральный	Открытые публикации МВД
12	Автоматизированная система фиксации нарушений ПДД	Правопорядок	Региональный (Москва)	Нормативные акты, публичные данные
13	ИИ-модуль оценки образовательных результатов	Образование	Федеральный	Документация Рособрнадзора
14	Система адаптивного обучения	Образование	Региональный (Москва)	Открытая документация ДОгМ

Источник: составлено автором по данным открытых источников.

Оценка каждого блока проводилась двумя независимыми экспертами; в случае расхождения более чем на 0,15 пункта привлекался третий эксперт-арбитр. Средние значения ИИП по каждому блоку для всей выборки представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты апробации ИМОП: средние значения ИИП по блокам

Блок	Среднее значение
Паспортизация модели	0,54
Журналирование решений	0,61
Процедуры обжалования	0,29
Независимый аудит	0,18
Регламент человеческого участия	0,47
ИИП (интегральный)	**0,41**

Источник: рассчитано автором.

Среднее значение ИИП по выборке составило 0,41, что соответствует уровню «частичной прозрачности». Наиболее высокие значения зафиксированы в блоке «Журналирование решений» (0,61 – достаточная прозрачность): в московских системах здравоохранения ведение логов закреплено нормативно в рамках регламентов ЕМИАС. Критически низкие значения получены в блоках «Независимый аудит» (0,18) и «Процедуры обжалования» (0,29), что свидетельствует о системном дефиците именно тех механизмов, которые процедурная теория справедливости связывает с формированием доверия [8].

Оценка относительного положения российских практик на международном фоне потребовала сравнительного анализа средних значений ИИП по выборке с показателями британского стандарта ATRS. Значения ATRS рассчитаны на основе публично доступных отчётов о прозрачности 18 государственных органов Великобритании (2022–2023 гг.) по методологии, адаптированной к блочной структуре ИМОП; сопоставимость обеспечивается единой шкалой оценки 0–1 и идентичным перечнем блоков. Результаты сравнительного анализа с указанием абсолютного разрыва по каждому блоку приведены в таблице 5.

Таблица 5

Сравнительный анализ уровня алгоритмической прозрачности: Россия (ИМОП) vs. Великобритания (ATRS)

Блок	ИМОП (РФ, среднее)	ATRS (Великобритания, среднее)	Разрыв
Паспортизация модели	0,54	0,82	−0,28
Журналирование решений	0,61	0,75	−0,14
Процедуры обжалования	0,29	0,71	−0,42
Независимый аудит	0,18	0,68	−0,50
Регламент человеческого участия	0,47	0,79	−0,32
ИИП (интегральный)	**0,41**	**0,75**	**−0,34**

Источник: рассчитано автором по данным [24].

Для наглядного представления выявленных межстрановых различий данные таблицы 4 визуализированы на рисунке 2 в форме сгруппированной столбчатой диаграммы с наложенным графиком разрыва. Выбор данного типа визуализации обусловлен необходимостью одновременно отобразить три аналитических среза:

1. Абсолютные значения ИМОП (РФ) по каждому блоку4
2. Абсолютные значения ATRS (Великобритания);
3. Величину разрыва (ИМОП − ATRS).

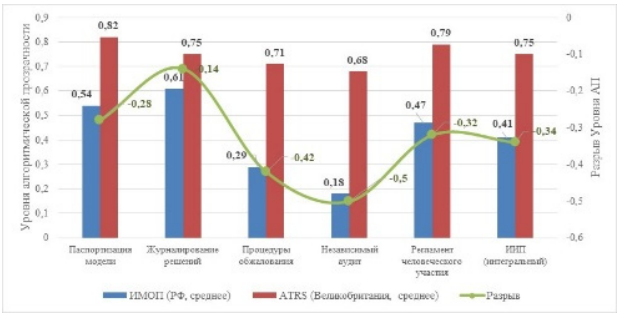


Рисунок 2 – Сравнительный анализ уровня алгоритмической прозрачности: Россия (ИМОП) vs. Великобритания (ATRS)
Источник: рассчитано автором.

Интегральный разрыв между российскими и британскими практиками составляет −0,34 пункта ИИП, что соответствует переходу между уровнями «частичной» и «достаточной» прозрачности. Наибольший дефицит зафиксирован в блоках «Независимый аудит» (−0,50) и «Процедуры обжалования» (−0,42) – то есть именно в тех компонентах, которые в британской практике обеспечиваются институциональными механизмами: независимыми аудиторскими органами (Centre for Data Ethics and Innovation) и законодательно закреплёнными правами на объяснение (UK GDPR, ст. 22). Минимальный разрыв зафиксирован в блоке «Журналирование решений» (−0,14), что свидетельствует о том, что технические практики фиксации данных в российском контексте приближаются к международному уровню, тогда как институциональные механизмы подотчётности существенно отстают.

Уровень прозрачности
Частичная
Достаточная
Низкая
Низкая
Частичная
Частичная

Верификация гипотезы исследования потребовала проведения опроса граждан (n = 380), имевших опыт взаимодействия с государственными ИИ-системами из выборки. Уровень доверия измерялся по 5-балльной шкале Лайкерта; корреляционный анализ выполнен с использованием коэффициента Пирсона, регрессионный анализ – методом наименьших квадратов с пошаговым включением предикторов. Стандартизированные коэффициенты β и вклад каждого блока ИМОП в объяснение дисперсии доверия представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты регрессионного анализа: вклад блоков ИМОП в предсказание уровня доверия граждан (n = 380)

Блок ИМОП	Коэффициент β	p-значение	Вклад в R^2
Процедуры обжалования	0,34	< 0,001	11,6%
Регламент человеческого участия	0,29	< 0,001	8,4%
Паспортизация модели	0,21	< 0,01	4,4%
Журналирование решений	0,17	< 0,05	2,9%
Независимый аудит	0,14	< 0,05	2,0%
Модель в целом(R^2)	**—**	**< 0,001**	**44,8%**

Источник: рассчитано автором.

Гипотеза исследования подтверждена: установлена положительная корреляция между значением ИИП и уровнем доверия граждан (r = 0,67, p < 0,05). Регрессионная модель объясняет 44,8% дисперсии доверия (R^2 = 0,448), что является значимым результатом для социальных исследований. Наибольший вклад в предсказание доверия вносят блоки «Процедуры обжалования» (β = 0,34) и «Регламент человеческого участия» (β = 0,29), что полностью согласуется с положениями процедурной теории справедливости [8]: граждане в первую очередь оценивают не качество технического решения, а наличие понятного механизма его оспаривания и идентифицируемого ответственного лица. Блок «Независимый аудит», несмотря на критически низкое значение в российской практике (0,18), вносит наименьший вклад в предсказание доверия (β = 0,14), что объясняется низкой осведомлённостью граждан о данном механизме.

Обсуждение

Совокупность полученных результатов подтверждает, что доверие граждан к государственным ИИ-системам определяется не технической

точностью модели, а наличием воспроизводимых управленческих процедур. Данный вывод согласуется с концепцией «процедурной подотчётности» и расширяет её применительно к алгоритмическим системам публичной власти, подкрепляя тезис о том, что институциональные механизмы подотчётности являются необходимым условием легитимности автоматизированных административных решений.

Введённый ИИП обладает рядом преимуществ перед существующими подходами: он измерим, воспроизводим, не требует доступа к исходному коду системы и применим в условиях ограниченной публичности государственных ИИ-решений. Интеграция ИИ в систему государственного управления требует комплексного подхода, включающего не только технические, но и институциональные меры обеспечения безопасности и подотчётности. Опираясь на результаты исследования, можно сформулировать минимальный стандарт прозрачности для государственных ИИ-систем, влияющих на права граждан (ИИП-целевой ≥ 0,60):

– паспорт модели – обязательная публикация в открытом реестре;

– журнал решений – хранение не менее 3 лет, доступность по запросу гражданина;

– регламент обжалования – срок рассмотрения не более 30 дней, письменное мотивированное решение;

– независимый аудит – не реже 1 раза в 2 года, публичный отчёт;

– «стоп-правила» – перечень ситуаций, в которых решение принимается только человеком.

Заключение

В ходе исследования разработана и апробирована индикативная модель оценки прозрачности (ИМОП) государственных ИИ-систем, включающая 5 блоков и интегральный индекс прозрачности (ИИП). Апробация на выборке из 14 российских государственных ИИ-систем показала средний ИИП = 0,41. Сравнение с британским стандартом ATRS выявило системный дефицит в блоках независимого аудита (−0,50) и процедур обжалования (−0,42). Положительная корреляция между ИИП и уровнем доверия граждан ($r = 0,67$, $p < 0,05$) получила эмпирическое подтверждение.

Научный вклад работы состоит в следующем: разработана верифицируемая методика измерения алгоритмической прозрачности (ИМОП/ИИП); эмпирически подтверждена связь прозрачности с институциональным доверием; сформулирован минимальный стандарт прозрачности для российских государственных ИИ-систем. Предложенная модель может быть использована органами государственного управления при аудите ИИ-систем, а также регуляторами при разработке стандартов раскрытия информации.

Литература

1. Федеральный закон от 24.04.2020 № 123-ФЗ «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве».
2. Федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации».
3. ВЦИОМ. Доверие к технологиям: отношение россиян к автоматизированным государственным решениям. Пресс-выпуск № 4712. – М.: ВЦИОМ, 2023. – URL: https://wciom.ru (дата обращения: 04.04.2026).
4. Алашеев С.Ю., Кутейницына Т.Г. Цифровизация государственного управления: вызовы и перспективы // Государственное управление. Электронный вестник. – 2023. – № 96. – С. 5–22.
5. Барабашев А.Г. Государственное управление и искусственный интеллект: институциональные аспекты // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2022. – № 3. – С. 7–34.
6. Bovens M. Analysing and Assessing Accountability: A Conceptual Framework // European Law Journal. – 2007. – Vol. 13, No. 4. – P. 447–468.
7. Лев М.Ю. Интеграция технологий искусственного интеллекта в систему национальной безопасности России // Теневая экономика. – 2025. – Т. 9, № 2. – С. 143–164.
8. Tyler T.R. Why People Obey the Law. – Princeton: Princeton University Press, 2006. – 320 p.
9. Лукичёв П.М. Государственное регулирование применения искусственного интеллекта // Вопросы инновационной экономики. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 413–432. – DOI: 10.18334/vinec.15.2.122725.
10. Lipton Z.C. The Mythos of Model Interpretability // Queue. – 2018. – Vol. 16, No. 3. – P. 31–57.
11. Molnar C. Interpretable Machine Learning. – 2nd ed. – 2022. – URL: https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/ (дата обращения: 09.04.2026).
12. Мухаметов Д.Р. Прозрачность алгоритмов в государственном секторе: основные аспекты // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 12. – С. 3867–3880.
13. Arrieta A.B. et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI // Information Fusion. – 2020. – Vol. 58. – P. 82–115.
14. Doshi-Velez F., Kim B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning // arXiv. – 2017. – 1702.08608. – URL: https://arxiv.org/abs/1702.08608 (дата обращения: 04.04.2026).
15. Ribeiro M.T., Singh S., Guestrin C. «Why should I trust you? »: Explaining the predictions of any classifier // Proc. KDD. – 2016. – P. 1135–1144.

Algorithmic transparency as a factor of trust in artificial intelligence in public administration: development and approbation of an indicative assessment model

Rudenko M.I.
Moscow University "Synergy"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This paper presents the results of an original study aimed at operationalizing algorithmic transparency as a governance tool for building citizens' trust in public AI systems. Based on an analysis of 14 active AI solutions in Russian public administration (2022–2024), an Indicative Transparency Assessment Model (ITAM) was developed, comprising five measurable dimensions: model passporting, decision logging, appeal procedures, independent audit, and human oversight protocols. Pilot application of the model to Moscow's healthcare AI and experimental AI legal regime cases showed that the Integrated Transparency Index (ITI) for Russian public AI systems averages 0.41 out of 1.0, corresponding to «partial transparency». Comparison with the UK Algorithmic Transparency Recording Standard (ATRS) revealed systemic deficits in «independent audit» (0.18) and «appeal procedures» (0.29). The novelty lies in a verifiable measurement methodology and empirical confirmation of the link between ITI values and institutional trust levels ($r = 0.67$, $p < 0.05$).

Keywords: artificial intelligence, public administration, algorithmic transparency, trust, accountability, indicative model, risk assessment, AI audit.

References

1. Federal Law No. 123-FZ of April 24, 2020 "On Conducting an Experiment to Establish Special Regulation for the Purpose of Creating the Necessary Conditions for the Development and Implementation of Artificial Intelligence Technologies in the Constituent Entity of the Russian Federation — the Federal City of Moscow."
2. Federal Law No. 258-FZ of July 31, 2020 "On Experimental Legal Regimes in the Field of Digital Innovation in the Russian Federation."
3. Russian Public Opinion Research Center (VTsIOM). *Trust in Technology: Russian Attitudes Toward Automated Government Decisions.* Press Release No. 4712. — Moscow: VTsIOM, 2023. — URL: https://wciom.ru (accessed: April 4, 2026).
4. Alasheev S.Yu., Kuteinitsyna T.G. Digitalization of Public Administration: Challenges and Prospects // *Public Administration. Electronic Bulletin.* — 2023. — No. 96. — P. 5–22.
5. Barabashev A.G. Public Administration and Artificial Intelligence: Institutional Aspects // *Issues of State and Municipal Administration.* — 2022. — No. 3. — P. 7–34.
6. Bovens M. Analysing and Assessing Accountability: A Conceptual Framework // *European Law Journal.* — 2007. — Vol. 13, No. 4. — P. 447–468.
7. Lev M.Yu. Integration of Artificial Intelligence Technologies into Russia's National Security System // *Shadow Economy.* — 2025. — Vol. 9, No. 2. — P. 143–164.
8. Tyler T.R. *Why People Obey the Law.* — Princeton: Princeton University Press, 2006. — 320 p.
9. Lukichev P.M. State Regulation of Artificial Intelligence Applications // *Issues of Innovative Economics.* — 2025. — Vol. 15, No. 2. — P. 413–432. — DOI: 10.18334/vinec.15.2.122725.
10. Lipton Z.C. The Mythos of Model Interpretability // *Queue.* — 2018. — Vol. 16, No. 3. — P. 31–57.
11. Molnar C. *Interpretable Machine Learning.* — 2nd ed. — 2022. — URL: https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/ (accessed: April 9, 2026).
12. Mukhametov D.R. Algorithmic Transparency in the Public Sector: Key Aspects // *Creative Economy.* — 2024. — Vol. 18, No. 12. — P. 3867–3880.
13. Arrieta A.B. et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges Toward Responsible AI // *Information Fusion.* — 2020. — Vol. 58. — P. 82–115.
14. Doshi-Velez F., Kim B. Towards a Rigorous Science of Interpretable Machine Learning // *arXiv.* — 2017. — 1702.08608. — URL: https://arxiv.org/abs/1702.08608 (accessed: April 4, 2026).
15. Ribeiro M.T., Singh S., Guestrin C. "Why Should I Trust You?": Explaining the Predictions of Any Classifier // *Proc. KDD.* — 2016. — P. 1135–1144.

Выбор базовых алгоритмов машинного обучения для гибридной модели кредитного скоринга

Федулов Игорь Александрович
аспирант, факультет Информационные технологии, Университет «Синергия», igor.fedulov.97@mail.ru

В статье рассматривается проблема выбора базовых алгоритмов машинного обучения для построения гибридной модели кредитного скоринга. Обосновано, что в задачах оценки кредитоспособности заемщика недостаточно ориентироваться только на итоговую точность классификации, поскольку банковская модель должна быть устойчивой, интерпретируемой и пригодной для использования в системе риск-менеджмента. Рассмотрены основные группы алгоритмов, применимых к задаче бинарной классификации заемщиков: логистическая регрессия, дерево решений, случайный лес, градиентный бустинг, метод опорных векторов и нейронная сеть. Показаны их сильные стороны, ограничения и возможная роль в составе гибридной модели. Особое внимание уделено сопоставимости алгоритмов, различию их математической природы, устойчивости к шумам, способности выявлять нелинейные зависимости и необходимости последующей интерпретации результатов. Сделан вывод о целесообразности использования разнородного набора классификаторов, поскольку их объединение в ансамбль позволяет учитывать разные аспекты кредитного риска и повышать надежность итоговой оценки вероятности дефолта.

Ключевые слова: кредитный скоринг, кредитоспособность заемщика, машинное обучение, логистическая регрессия, случайный лес, градиентный бустинг, SVM, нейронные сети, ансамбль классификаторов, риск дефолта.

Основная часть

Нейронная сеть может выявлять сложные сочетания признаков без ручного задания взаимодействий. Например, один и тот же уровень дохода может иметь разный смысл для заемщиков с разной долговой нагрузкой, разным сроком кредита, разным возрастом и разной кредитной историей. Нейронная сеть способна учесть такие нелинейные комбинации, если данных достаточно и модель корректно настроена.

Таблица 1
Преимущества и недостатки различных алгоритмов[1],[2]

Алгоритм	Сильные стороны	Ограничения	Роль в гибридной модели
Логистическая регрессия	Интерпретируемость, вероятностный выход, низкая вычислительная сложность	Линейность зависимости, чувствительность к мультиколлинеарности	Базовая статистическая модель и ориентир для сравнения
Дерево решений	Пороговые правила, простая логика объяснения, учет нелинейности	Высокая склонность к переобучению, нестабильность структуры	Интерпретируемый нелинейный классификатор
Случайный лес	Устойчивость, работа с нелинейными зависимостями, оценка важности признаков	Сложность интерпретации, возможная некалиброванность вероятностей	Стабильный ансамбль деревьев первого уровня
Градиентный бустинг	Высокая точность на табличных данных, учет сложных взаимодействий	Требовательность к настройке, риск переобучения	Основной сильный классификатор для повышения качества
Метод опорных векторов	Построение разделяющей поверхности, возможность нелинейного ядра	Чувствительность к масштабу, сложность интерпретации, отсутствие прямой вероятности	Дополнительный классификатор иной математической природы
Нейронная сеть	Гибкое моделирование скрытых зависимостей, работа со сложными признаками	Требовательность к данным, риск переобучения, низкая прозрачность	Нелинейный компонент ансамбля

Однако для кредитного скоринга нейронные сети имеют существенные ограничения. Они требуют значительного объема данных, чувствительны к масштабу признаков, могут переобучаться и хуже интерпретируются. Кроме того, при работе с табличными банковскими данными нейронные сети не всегда превосходят градиентный бустинг. Поэтому их включение в гибридную модель должно быть обосновано не только потенциальной точностью, но и задачей получения разнородных прогнозов для ансамбля. Нейронная сеть может выступать не единственной основной моделью, а одним из базовых классификаторов, дополняющих статистические и древесные методы.

Для снижения риска переобучения нейронной сети применяются регуляризация, dropout, ранняя остановка обучения и контроль качества на валидационной выборке. L2-регуляризация ограничивает величину весов. Dropout случайным образом отключает часть нейронов на этапе обучения, что препятствует чрезмерной зависимости модели от отдельных внутренних связей. Ранняя остановка прекращает обучение, если качество на валидационной выборке перестает улучшаться. В кредитной задаче такие приемы имеют особое значение, поскольку переобученная модель может показывать высокую точность на исторических данных, но давать нестабильные решения при изменении состава заемщиков.[3]

Из таблицы видно, что ни один алгоритм не является универсальным. Логистическая регрессия удобна для объяснения, но ограничена линейностью. Дерево решений наглядно, но нестабильно. Случайный лес устойчивее дерева, но менее прозрачен. Градиентный бустинг часто дает высокую точность, но требует аккуратной настройки. SVM может выявлять сложные границы, но хуже масштабируется и сложнее интерпретируется. Нейронная сеть гибка, но особенно чувствительна к качеству данных и настройке. Поэтому в гибридной архитектуре рационально использовать не один «лучший» алгоритм, а набор моделей с различной структурой ошибок.

Принципиальное значение имеет вопрос разнообразия базовых классификаторов. Если все модели в ансамбле имеют близкую природу и ошибаются на одних и тех же объектах, объединение не даст значимого прироста качества. Например, несколько деревьев решений с близкими параметрами будут производить сходные ошибки. Гораздо полезнее сочетать алгоритмы, построенные на разных математических принципах: линейную вероятностную модель, древесные методы, бустинг, метод максимального зазора и нейросетевую аппроксимацию. В этом случае

ансамбль получает возможность учитывать разные представления о структуре кредитного риска.

Для оценки вклада каждого алгоритма необходимо использовать единую схему обучения и проверки. Все модели должны обучаться на одинаково подготовленной матрице признаков, проходить одинаковое разбиение выборки и оцениваться по единому набору метрик. Если алгоритмы сравниваются на разных версиях данных или после разных процедур обработки, вывод о преимуществе одной модели над другой становится некорректным. Поэтому выбор базовых классификаторов тесно связан с архитектурой препроцессинга, описанной ранее.[4]

Выбор алгоритмов также должен учитывать характер признакового пространства. Если после препроцессинга в модели преобладают WOE-преобразованные признаки и компактный набор экономически интерпретируемых переменных, логистическая регрессия может показывать устойчивый результат. Если данные содержат большое количество нелинейных зависимостей и взаимодействий, повышается значение случайного леса и градиентного бустинга. Если используются сложные комбинации транзакционных или цифровых признаков, может быть оправдано включение нейронной сети. Если требуется проверить качество разделяющей поверхности в стандартизированном пространстве признаков, добавляется SVM.[5]

Особую роль в гибридной модели играет градиентный бустинг. На практике он часто выступает наиболее сильным базовым алгоритмом для табличных данных. Градиентный бустинг не должен рассматриваться как единственный возможный вариант построения скоринговой модели. Его целесообразнее включать в систему сравнения и последующего ансамблирования наряду с более простыми и более прозрачными методами. Такой подход позволяет оценить не только абсолютное значение метрик, но и реальную пользу усложнения модели. Если бустинг показывает более высокий результат по сравнению с логистической регрессией или деревом решений, важно понять источник этого преимущества: способность учитывать нелинейные связи, выявлять взаимодействия признаков, лучше разделять заемщиков с разными профилями риска либо устойчивее работать с неоднородными данными.[6]

Логистическая регрессия в такой схеме сохраняет самостоятельное значение. Она выступает в качестве базовой модели, относительно которой можно оценивать оправданность применения более сложных алгоритмов. Если прирост качества оказывается незначительным, а интерпретируемость при этом заметно снижается, использование сложной модели требует дополнительного обоснования. Возможна и обратная ситуация: более сложный алгоритм лучше упорядочивает заемщиков по уровню риска, но его вероятностные оценки хуже соответствуют фактической частоте дефолтов. В этом случае прогноз такой модели может быть использован в ансамбле, а вероятность дополнительно откалибрована. Поэтому логистическая регрессия выполняет не вспомогательную, а контрольную функцию: она задает понятную точку сравнения для оценки качества, устойчивости и объяснимости всей модели.[7]

Деревья решений важны тем, что позволяют увидеть, как риск меняется при достижении определенных пороговых значений. Для кредитного скоринга это имеет практический смысл, поскольку многие характеристики заемщика работают не плавно, а через границы: уровень долговой нагрузки, длительность кредитной истории, количество прошлых просрочек, стаж занятости, соотношение платежа и дохода. Дерево решений может показать, при каком сочетании таких условий заемщик относится к более рискованной группе. Именно поэтому данный алгоритм полезен не только как классификатор, но и как инструмент содержательного анализа структуры риска.[8]

Однако глубокое дерево редко подходит в качестве основной модели, поскольку его структура может существенно меняться при незначительном изменении обучающей выборки. Поэтому дерево решений полезнее использовать как интерпретируемый компонент и как источник понимания отдельных риск-сценариев.[9]

Случайный лес занимает промежуточное положение между простотой одиночного дерева и высокой предсказательной силой бустинга. За счет построения множества деревьев он обычно менее зависим от случайного разбиения выборки и лучше переносит шумы в данных. Кроме того, случайный лес может использоваться для предварительной оценки важности признаков. Однако такие оценки нельзя воспринимать буквально. Признаки с большим числом возможных разбиений иногда получают завышенную значимость, а близкие по смыслу и коррелированные переменные могут распределять вклад между собой. Поэтому результаты случайного леса необходимо сопоставлять с экономическим содержанием признаков, корреляционным анализом и другими процедурами отбора.

Метод опорных векторов и нейронная сеть выполняют в такой архитектуре дополнительную, но не второстепенную функцию. Их задача состоит в расширении набора возможных зависимостей, которые модель способна обнаружить в данных. Они могут не показывать лучший результат по всем метрикам, однако их прогнозы ценны, если они отличаются от прогнозов древесных моделей и бустинга. [10]

Основные выводы

Проведенное сравнение показывает, что выбор алгоритмов для кредитного скоринга должен основываться не только на значениях метрик качества, но и на понимании роли каждого метода в общей архитектуре модели. Логистическая регрессия сохраняет значение как базовая и интерпретируемая модель, позволяющая получить вероятностную оценку дефолта и задать точку сравнения для более сложных алгоритмов. Дерево решений полезно для анализа пороговых зависимостей и объяснения отдельных риск-сценариев, однако его самостоятельное применение ограничено высокой чувствительностью к составу обучающей выборки.

Случайный лес позволяет повысить устойчивость прогноза за счет усреднения множества деревьев и лучше переносит шумы в данных, но требует осторожной интерпретации важности признаков. Градиентный бустинг является одним из наиболее сильных методов для табличных банковских данных, поскольку способен учитывать сложные взаимодействия признаков, однако его применение требует тщательной настройки и контроля переобучения. Метод опорных векторов и нейронные сети расширяют набор возможных способов разделения заемщиков по уровню риска, но нуждаются в стандартизации данных, калибровке вероятностного выхода и дополнительных инструментах интерпретации.

Литература

1. Кочеткова В. В., Ефремова К. Д. Обзор методов кредитного скоринга // Juvenis scientia. — 2017. — № 6. — С. 22–25.
2. Hand D. J., Henley W. E. Statistical Classification Methods in Consumer Credit Scoring: A Review // Journal of the Royal Statistical Society. Series A. — 1997. — Vol. 160, № 3. — P. 523–541. — DOI: 10.1111/j.1467-985X.1997.00078.x.
3. Baesens B., Van Gestel T., Viaene S., Stepanova M., Suykens J., Vanthienen J. Benchmarking State-of-the-Art Classification Algorithms for Credit Scoring // Journal of the Operational Research Society. — 2003. — Vol. 54, № 6. — P. 627–635. — DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601545.
4. Lessmann S., Baesens B., Seow H.-V., Thomas L. C. Benchmarking State-of-the-Art Classification Algorithms for Credit Scoring: An Update of Research // European Journal of Operational Research. — 2015. — Vol. 247, № 1. — P. 124–136. — DOI: 10.1016/j.ejor.2015.05.030.
5. Thomas L. C., Edelman D. B., Crook J. N. Credit Scoring and Its Applications. — Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002. — 248 p. — DOI: 10.1137/1.9780898718317.
6. Siddiqi N. Credit Risk Scorecards: Developing and Implementing Intelligent Credit Scoring. — Hoboken : John Wiley & Sons ; SAS Institute, 2006. — 196 p.
7. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. — 2nd ed. — New York : Springer, 2009. — 745 p. — DOI: 10.1007/978-0-387-84858-7.
8. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. — New York : Springer, 2006. — 738 p.
9. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45. — P. 5–32. — DOI: 10.1023/A:1010933404324.
10. Friedman J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine // The Annals of Statistics. — 2001. — Vol. 29, № 5. — P. 1189–1232. — DOI: 10.1214/aos/1013203451.

Selecting baseline machine learning algorithms for a hybrid credit scoring model

Fedulov I.A.
"Synergy" university

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article examines the problem of selecting basic machine learning algorithms for building a hybrid credit scoring model. It is argued that, when assessing borrower creditworthiness, focusing solely on the final classification accuracy is insufficient, as the banking model must be robust, interpretable, and suitable for use in a risk management system. The article examines the main groups of algorithms applicable to the problem of binary borrower classification: logistic regression, decision tree, random forest, gradient boosting, support vector machine, and neural network. Their strengths, limitations, and possible role in a hybrid model are discussed. Particular attention is paid to the comparability of the algorithms, the differences in their mathematical nature, their robustness to noise, their ability to identify nonlinear relationships, and the need for subsequent interpretation of the results. It is concluded that using a diverse set of classifiers is advisable, as combining them into an ensemble allows for consideration of different aspects of credit risk and increases the reliability of the final default probability assessment.

Keywords: credit scoring, borrower creditworthiness, machine learning, logistic regression, random forest, gradient boosting, SVM, neural networks, ensemble of classifiers, default risk.

References

1. Kochetkova V. V., Efremova K. D. Review of credit scoring methods // Juvenis scientia. - 2017. - No. 6. - P. 22-25.
2. Hand D. J., Henley W. E. Statistical Classification Methods in Consumer Credit Scoring: A Review // Journal of the Royal Statistical Society. Series A. - 1997. - Vol. 160, No. 3. - P. 523-541. - DOI: 10.1111/j.1467-985X.1997.00078.x.
3. Baesens B., Van Gestel T., Viaene S., Stepanova M., Suykens J., Vanthienen J. Benchmarking State-of-the-Art Classification Algorithms for Credit Scoring // Journal of the Operational Research Society. - 2003. - Vol. 54, No. 6. - P. 627–635. — DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601545.
4. Lessmann S., Baesens B., Seow H.-V., Thomas L. C. Benchmarking State-of-the-Art Classification Algorithms for Credit Scoring: An Update of Research // European Journal of Operational Research. — 2015. — Vol. 247, No. 1. - P. 124–136. — DOI: 10.1016/j.ejor.2015.05.030.
5. Thomas L. C., Edelman D. B., Crook J. N. Credit Scoring and Its Applications. - Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002. - 248 p. — DOI: 10.1137/1.9780898718317.
6. Siddiqi N. Credit Risk Scorecards: Developing and Implementing Intelligent Credit Scoring. - Hoboken: John Wiley & Sons; SAS Institute, 2006. - 196 p.
7. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. — 2nd ed. - New York: Springer, 2009. - 745 p. — DOI: 10.1007/978-0-387-84858-7.
8. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. - New York: Springer, 2006. - 738 p.
9. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. - 2001. - Vol. 45. - P. 5–32. — DOI: 10.1023/A:1010933404324.
10. Friedman J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine // The Annals of Statistics. - 2001. - Vol. 29, No. 5. - P. 1189–1232. — DOI: 10.1214/aos/1013203451.

Двухэтапная модель прогнозирования мультитаргетных событий в условиях экстремального дисбаланса классов

Ширинова Рена Афраил Кызы
магистрант, кафедра Математических методов в экономике, Специальный факультет талантливой молодежи «Форсайт» (высшая школа), РЭУ им. Г.В. Плеханова, renochka7@gmail.com,

Щукина Наталья Александровна
к.т.н., доцент, доцент кафедры Математических методов в экономике, Высшая школа кибертехнологий, математики и статистики (факультет), РЭУ им. Г.В. Плеханова, shchukinan@yandex.ru

Статья посвящена разработке методики прогнозирования мультитаргетных событий при экстремальном дисбалансе классов на основе комплексного применения алгоритмов машинного обучения. Исследование выполнено на реальных транзакционных данных объемом 38,7 млн записей, включающих информацию о 98,7 тыс. клиентов. Методология исследования базируется на двухэтапном подходе: предварительной кластеризации клиентской базы с последующим использованием кластерных меток в качестве дополнительных признаков при построении прогностических моделей. В рамках работы реализованы и сравнены четыре модели классификации: логистическая регрессия, случайный лес, LightGBM и CatBoost. Экспериментальные результаты демонстрируют существенное повышение качества прогнозирования при добавлении кластерных меток. Наилучшие показатели демонстрирует алгоритм LightGBM, достигающий значений AUC до 0,978 для часто встречающихся событий и 0,956 для крайне редких случаев (0,55%). При этом метрика PR-AUC для редкого класса увеличивается с 0,022 до 0,152, а значение LogLoss снижается с 0,494 до 0,186. Разработанная методика может быть применена в задачах финансового скоринга и обнаружения мошенничества.

Ключевые слова: машинное обучение, кластерный анализ, дисбаланс классов, мультитаргетная классификация, градиентный бустинг, транзакционные данные.

Введение

Проблема прогнозирования редких событий занимает значимое место в современных прикладных исследованиях, охватывая такие сферы, как выявление мошеннических действий, анализ рисков оттока клиентской базы, построение диагностических моделей в медицине и совершенствование механизмов кредитного скоринга. Факторами, осложняющими решение данных задач, выступают необходимость одновременного прогнозирования множества целевых переменных для единичного объекта наблюдения, а также наличие выраженного дисбаланса в распределении классов, при котором вероятность наступления целевого события исчисляется долями процента [1]. В связи с этим создание работоспособных аналитических инструментов для подобных условий приобретает первостепенное научно-практическое значение.

При этом применение традиционных подходов зачастую оказывается недостаточно результативным при работе с выборками, где удельный вес целевых событий варьируется в узком диапазоне от долей до нескольких процентов. Данная трудность существенно усугубляется в рамках мультитаргетной классификации, требующей параллельного предсказания разнородных событий.

Целью исследования является разработка и эмпирическая проверка комплексной методики прогнозирования мультитаргетных событий в условиях экстремального дисбаланса классов. Методика базируется на применении алгоритмов машинного обучения при сохранении требований к интерпретируемости получаемых выводов [2-4].

Оригинальность предложенного решения состоит в реализации двухэтапного алгоритма, предусматривающего предварительную кластеризацию клиентской базы с дальнейшим включением кластерных меток в состав аналитических признаков. В ходе экспериментального исследования, основанного на анализе реальных транзакционных данных, подтверждена способность кластерных меток существенно улучшать показатели классификации, причем максимальный эффект отмечен в отношении наиболее редких классов.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования использован датасет MBD-mini [5, 6], в нем выделены четыре целевые переменные, характеризующие факт приобретения клиентом определенного банковского продукта. Доля положительных примеров для target_1 составила 4,71%, для target_2 – 0,55%, для target_3 – 4,20%, для target_4 – 2,64%. Таким образом, target_2 является экстремально редким событием, а target_1 и target_3 – наиболее частыми.

Исходные данные представляют собой транзакционную историю клиентов и включают 38,7 млн записей. Количество уникальных клиентов составляет 98 721. На основе панельных данных сформировано признаковое пространство из 20 агрегированных характеристик поведения клиента. Убраны клиенты без какой-либо активности. Выборка была разделена на обучающую (80%, 78 976 клиентов) и тестовую (20%, 19 745 клиентов).

Основными вызовами исследования являются экстремальный дисбаланс классов [7-10] (отношение классов достигает 1:2000), мультитаргетность, неоднородность данных (наличие выбросов и аномальных значений), а также требование интерпретируемости предсказаний модели для бизнеса.

Предлагается методика, включающая два этапа. На первом этапе выполняется кластеризация клиентской базы. Проводится стандартизация признаков, обнаружение выбросов методом Z-оценки с пороговым значением 3, снижение размерности с помощью PCA с сохранением 85% дисперсии и кластеризация методом K-Means. Выбросы получают отдельную кластерную метку.

На втором этапе выполняется классификация. Кластерные метки добавляются в набор признаков в виде one-hot кодирования. Затем обучаются модели классификации с учетом дисбаланса классов.

Для валидации предложенной методики были проведены две серии экспериментов:

1. Baseline (без кластеризации): обучение моделей только на исходных агрегированных признаках.
2. Предложенный подход (с кластеризацией): обучение моделей на расширенном наборе признаков, включающем кластерные метки.

Для логистической регрессии выполнена стандартизация признаков с использованием StandardScaler, приведшая признаки к нулевому сред-

нему и единичному стандартному отклонению. Для методов, основанных на деревьях (случайный лес, LightGBM [11], CatBoost [12]), масштабирование не требовалось. Для признака суммы транзакций применено логарифмирование, позволившее нормализовать распределение и уменьшить влияние выбросов. Для идентификации аномальных клиентов использован метод Z-оценки с пороговым значением 3.

В условиях сильного дисбаланса использование стандартной метрики ROC-AUC может давать завышенные оценки, поэтому в работе применялся комплекс метрик: ROC-AUC для общей оценки разделяющей способности модели, PR-AUC как более информативная метрика для редких событий и LogLoss для оценки калибровки вероятностей [13].

Результаты и обсуждение

Так как целевые события не являются взаимоисключающими (клиент может совершить несколько различных покупок), для каждого из 4 таргетов независимо обучалась бинарная модель с использованием техники один против всех. Для каждой модели выполнен подбор гиперпараметров с учетом специфики таргета.

Сравнение качества моделей до и после добавления кластерных меток является важным результатом исследования. Предложенный двухэтапный подход показывает улучшение всех метрик для всех целевых переменных (табл. 1–3).

Таблица 1
Сравнение качества моделей до и после добавления кластерных меток по метрике AUC

Модель	Эксперимент	target_1	target_2	target_3	target_4
LightGBM	Без кластеров	0,814	0,791	0,827	0,791
	С кластерами	0,978	0,956	0,974	0,968
	Прирост	0,164	0,165	0,147	0,177
CatBoost	Без кластеров	0,814	0,783	0,827	0,785
	С кластерами	0,976	0,953	0,974	0,968
Logistic Reg.	Без кластеров	0,762	0,775	0,768	0,762
	С кластерами	0,956	0,954	0,938	0,951
Random Forest	Без кластеров	0,773	0,745	0,802	0,75
	С кластерами	0,957	0,912	0,94	0,935

Источник: получено автором

Проведенный сравнительный анализ (табл. 1) демонстрирует, что включение кластерных меток в состав признаков оказывает существенное позитивное влияние на качество прогнозирования для всех рассмотренных моделей машинного обучения. Наблюдаемый прирост метрики AUC стабильно находится в диапазоне 0,15–0,18, что свидетельствует о значимом улучшении способности моделей выделять целевые события. Наиболее впечатляющие результаты достигнуты при работе с редкими классами — например, для target_2 метрика увеличилась до значения 0,956. Среди протестированных алгоритмов LightGBM продемонстрировал наибольшую эффективность, заняв лидирующие позиции по трём из четырех таргетов. Максимального значения AUC (0,978) модель достигла при прогнозировании target_1.

Метрика PR-AUC (табл. 2) показывает корректную оценку модели в условиях сильного дисбаланса. Результаты по метрике PR-AUC подтверждают рост прогностической способности моделей. Наибольший прирост отмечен для редкого класса target_2, где показатель модели LightGBM увеличился в 6,9 раз (с 0,022 до 0,152), существенно опережая случайный прогноз. При этом стабильный рост метрики наблюдается по всем таргетам, что свидетельствует о системной эффективности предложенного подхода.

Сравнение результатов обучения моделей классификации по метрике LogLoss (табл. 3) дополнительно подтверждают выводы, фиксируя значительное улучшение калибровки вероятностей. Модель LightGBM демонстрирует наилучшие показатели, снижая величину потерь в среднем в 3 раза. Особенно показательно снижение LogLoss для часто встречающегося target_1 (до 0,149) и редкого target_2 (до 0,186), что критически важно для корректного принятия бизнес-решений.

Таблица 2
Сравнение качества моделей до и после добавления кластерных меток по метрике PR-AUC

Модель	Эксперимент	target_1	target_2	target_3	target_4
LightGBM	Без кластеров	0,176	0,022	0,157	0,097
	С кластерами	0,658	0,152	0,545	0,429
	Прирост (раз)	в 3,7 раза	в 6,9 раза	в 3,5 раза	в 4,4 раза
CatBoost	Без кластеров	0,176	0,024	0,158	0,096
	С кластерами	0,631	0,127	0,54	0,426

Источник: получено автором

Таблица 3
Сравнение качества моделей до и после добавления кластерных меток по метрике LogLoss

Модель	Эксперимент	target_1	target_2	target_3	target_4
LightGBM	Без кластеров	0,498	0,494	0,485	0,511
	С кластерами	0,149	0,186	0,165	0,176
	Улучшение	в 3,3 раза	в 2,7 раза	в 2,9 раза	в 2,9 раза
CatBoost	Без кластеров	0,499	0,441	0,494	0,508
	С кластерами	0,177	0,23	0,185	0,206

Источник: получено автором

В процессе обучения модели LightGBM был реализован механизм ранней остановки, позволивший подобрать оптимальное число итераций для различных категорий целевой переменной. Проведенный эмпирический анализ продемонстрировал существенные различия в требуемой глубине обучения: для редкой категории target_2 оказалось достаточным 224 шага итераций, в то время как для часто встречающейся категории target_1 потребовалось значительно большее количество – 578 итераций.

Для оценки вклада отдельных признаков в итоговый прогноз на базе оптимизированной модели LightGBM (с учетом кластерных меток) для класса target_1 был задействован метод SHAP. Итоговые результаты анализа, отражающие ранжирование предикторов по степени их значимости, систематизированы в таблице 4, где выделены шесть факторов, обладающих наибольшими SHAP-значениями.

Таблица 4
Топ-6 признаков по SHAP для target_1 для модели LightGBM с метками кластеров

Ранг	Признак	SHAP значение	Характер влияния
1	cluster_2	0,187	Положительное
2	event_type_40_sum	0,165	Положительное
3	dialog_avg_count	0,147	Положительное
4	diff_trans_date_mean	0,126	Отрицательное
5	cluster_1	0,114	Положительное
6	event_type_46_sum	0,101	Положительное

Источник: получено автором

Анализ показал, что существенное влияние на прогноз оказывают как транзакционные показатели, отражающие специфику и частоту операций, так и параметры диалогового взаимодействия, свидетельствующие об уровне заинтересованности клиента в консультационной поддержке. Примечательно, что метки кластеров (cluster_2, cluster_1) заняли ведущие позиции среди факторов, влияющих на прогноз. Это служит доказательством эффективности двухступенчатого подхода, при котором

клиенты с нестандартным поведением формируются в отдельные группы.

Заключение

Проведенное исследование позволило сформулировать следующие значимые выводы.

Эксперименты на реальных транзакционных данных показали, что LightGBM с подобранным параметром взвешивания классов и добавленными кластерными метками показывает наилучшие результаты для всех таргетов. LightGBM прогнозирует лучше, чем логистическая регрессия и случайный лес. CatBoost показывает чуть ниже результаты, уступает только LightGBM для трех из четырех таргетов.

Двухэтапная методика оказалась довольно эффективной: для LightGBM добавление кластерных меток обеспечило прирост AUC на 0,164–0,177, рост PR-AUC в 3,5–6,9 раза и снижение LogLoss в 2,7–3,3 раза. Повышение качества модели можно отметить для обнаружения самого редкого события target_2 (0,55%): PR-AUC выросла с 0,022 до 0,152. Дополнительно высокому качеству моделей способствовали настройка балансировки классов и использование ранней остановки.

Разработанная методика может быть применена в задачах финансового скоринга, обнаружения мошенничества, прогнозирования оттока клиентов и других областях с подобной структурой данных. Дальнейшие исследования могут быть направлены на использование ансамблевых подходов (стекинг, блендинг) для дополнительного повышения качества, а также разработку автоматизированной системы мониторинга и переобучения моделей в производственной среде.

Литература

1. Исаев Д.В. Динамическое ансамблевое обучение для оценки кредитоспособности. Инновации и инвестиции. 2022. № 3. С. 74-79.
2. Lundberg S. M. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions / S. M. Lundberg, S. I. Lee // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 4765–4774.
3. McKinney W. Python for Data Analysis / W. McKinney. – 3rd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2022. – 560 p. – ISBN 978-1-098-10403-0. (Русский перевод: Маккинни У. Python для анализа данных. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 560 с. – ISBN 978-5-4461-2054-1)
4. Pedregosa F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.
5. MBD: Multimodal Banking Dataset [Электронный ресурс] // AI Lab. – 2024. – URL: https://huggingface.co/datasets/ai-lab/MBD (дата обращения: 03.12.2025).
6. Mollaev D. Multimodal Banking Dataset: Understanding Client Needs through Event Sequences / D. Mollaev, A. Kostin, M. Postnova, I. Karpukhin, I. Kireev, G. Gusev, A. Savchenko // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2409.17587. – URL: https://arxiv.org/abs/2409.17587.
7. Chakraborty S. Multi-objective, Multi-class and Multi-label Data Classification with Class Imbalance: Theory and Practices / S. Chakraborty, L. Dey. – Singapore: Springer, 2024. – 164 p. – DOI: 10.1007/978-981-97-9622-9.
8. Fernández A. Learning from Imbalanced Data Sets / A. Fernández, S. García, M. Galar, R. C. Prati, B. Krawczyk, F. Herrera. – Cham: Springer, 2018. – 377 p.
9. Nur I. M. Multi-Class Imbalance Classification of Diabetes Cases Using Light Gradient Boosting Machine / I. M. Nur, D. Rosadi, Abdurakhman // ITM Web of Conferences. – 2024. – Vol. 67, Article 01012. – DOI: 10.1051/itmconf/20246701012.
10. Константинов А. Ф., Дьяконова Л. П. Сравнительный анализ методов снижения дисбаланса классов при построении моделей машинного обучения в финансовом секторе. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 1. С. 143-151. DOI: https://doi.org/10.35330/1991-6639-2025-27-1-143-151
11. Ke G. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, T. Y. Liu // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 3146–3154.
12. Prokhorenkova L. CatBoost: unbiased boosting with categorical features / L. Prokhorenkova, G. Gusev, A. Vorobev, A. V. Dorogush, A. Gulin // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. – Vol. 31. – P. 6638–6648.
13. Davis J. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves / J. Davis, M. Goadrich // Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning (ICML'06). – 2006. – P. 233–240.

A two-stage model for predicting multi-target events in conditions of extreme class imbalance

Shirinova Rena Afrail Kyzy, Shchukina N.A.
REU im. G.V. Plekhanov

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article is devoted to the development of a methodology for predicting multi-target events with extreme class imbalance based on the integrated application of machine learning algorithms. The study was performed on real transactional data with a volume of 38.7 million records, including information about 98.7 thousand customers. The research methodology is based on a two-stage approach: preliminary clusterization of the client base, followed using cluster labels as additional features in the construction of predictive models. As part of the work, four classification models were implemented and compared: logistic regression, random forest, LightGBM and CatBoost. The experimental results demonstrate a significant improvement in the quality of forecasting when adding cluster labels. The best performance is demonstrated by the LightGBM algorithm, which reaches AUC values up to 0.978 for common events and 0.956 for extremely rare cases (0.55%). At the same time, the PR-AUC metric for the rare class increases from 0.022 to 0.152, and the LogLoss value decreases from 0.494 to 0.186. The developed methodology can be effectively applied in the tasks of financial scoring, detection of fraudulent transactions and other areas where prediction of rare events with a significant class imbalance is required.

Keywords: machine learning, cluster analysis, class imbalance, multi-target classification, gradient boosting, transactional data.

References

1. Isaev D. V. Dynamic ensemble learning for assessing creditworthiness. Innovations and Investments. 2022. No. 3. P. 74-79.
2. Lundberg S. M. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions / S. M. Lundberg, S. I. Lee // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 4765–4774.
3. McKinney W. Python for Data Analysis / W. McKinney. – 3rd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2022. – 560 p. – ISBN 978-1-098-10403-0. (Русский перевод: Маккинни У. Python для анализа данных. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 560 с. – ISBN 978-5-4461-2054-1)
4. Pedregosa F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.
5. MBD: Multimodal Banking Dataset [Электронный ресурс] // AI Lab. – 2024. – URL: https://huggingface.co/datasets/ai-lab/MBD (дата обращения: 03.12.2025).
6. Mollaev D. Multimodal Banking Dataset: Understanding Client Needs through Event Sequences / D. Mollaev, A. Kostin, M. Postnova, I. Karpukhin, I. Kireev, G. Gusev, A. Savchenko // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2409.17587. – URL: https://arxiv.org/abs/2409.17587.
7. Chakraborty S. Multi-objective, Multi-class and Multi-label Data Classification with Class Imbalance: Theory and Practices / S. Chakraborty, L. Dey. – Singapore: Springer, 2024. – 164 p. – DOI: 10.1007/978-981-97-9622-9.
8. Fernández A. Learning from Imbalanced Data Sets / A. Fernández, S. García, M. Galar, R. C. Prati, B. Krawczyk, F. Herrera. – Cham: Springer, 2018. – 377 p.
9. Nur I. M. Multi-Class Imbalance Classification of Diabetes Cases Using Light Gradient Boosting Machine / I. M. Nur, D. Rosadi, Abdurakhman // ITM Web of Conferences. – 2024. – Vol. 67, Article 01012. – DOI: 10.1051/itmconf/20246701012.
10. Konstantinov A.A., Dyakonova L.P. Comparative analysis of class imbalance reduction methods in uilding machine learning models in the financial sector. Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2025. Vol. 27. No. 1. P. 143-151. DOI: https://doi.org/10.35330/1991-6639-2025-27-1-143-151
11. Ke G. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, T. Y. Liu // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 3146–3154.
12. Prokhorenkova L. CatBoost: unbiased boosting with categorical features / L. Prokhorenkova, G. Gusev, A. Vorobev, A. V. Dorogush, A. Gulin // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. – Vol. 31. – P. 6638–6648.
13. Davis J. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves / J. Davis, M. Goadrich // Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning (ICML'06). – 2006. – P. 233–240.

От периодически затапливаемого поселения к амфибийному городу-губке: архитектурная типология жизни с водой

Корси Михаил Викторович
доцент кафедры «Архитектура» Государственного университета по землеустройству (ФГБОУ ВО ГУЗ), m@korsi.ru

Статья посвящена формированию концептуальной архитектурно-градостроительной модели перехода от периодически затапливаемого поселения к амфибийному городу-губке. Цель исследования — определить типологические принципы городской среды, способной не только защищаться от воды, но и включать изменяющийся водный режим в пространственную, социальную и инженерную организацию территории. Методы исследования включают проектно-типологический анализ, сопоставление российских и зарубежных подходов к водно-климатической адаптации, обобщение авторских проектных материалов Амфибийного города-губки, дождевого цветка-водосборника и понтонных модулей. В результате предложена трёхуровневая модель устойчивости: Поглощение, Адаптация и Подъём; сформирована ступенчатая типология внедрения от диагностики водной уязвимости до нового модульного амфибийного района; определены основные элементы — водоудерживающая инфраструктура, дождевой цветок-водосборник, биокомпозитный слой и закреплённые амфибийные платформы. Вывод состоит в том, что Амфибийный город-губка может рассматриваться как концептуальная рамка для дальнейших инженерных, цифровых и градостроительных исследований территорий, подверженных повторяющимся затоплениям.

Ключевые слова: амфибийная архитектура, Амфибийный город-губка, паводок, затопление, природоориентированные решения, водочувствительный дизайн, понтонные платформы, дождевой цветок-водосборник, климатическая адаптация.

Введение

Традиционная инженерная логика долго строилась на принципе максимально быстрого удаления воды из города. Эта логика сохраняет значение для защиты людей и инфраструктуры, но в условиях климатической неопределённости и роста плотности застройки оказывается недостаточной. Современные подходы всё чаще исходят из сочетания «серой» инфраструктуры с сине-зелёными и природоориентированными решениями [9–11].

Цель данной статьи — сформулировать концептуальный переход от периодически затапливаемого поселения к Амфибийному городу-губке как архитектурно-градостроительной модели жизни с водой. В центре внимания находится набор принципов, режимов, модулей и уровней вмешательства, позволяющих сохранять идентичность места и непрерывность повседневной жизни при изменении уровня воды.

Материалы и методы

Объект исследования — водно-адаптивная архитектурно-градостроительная система для пойменных, прибрежных, ливнеопасных и иных уязвимых территорий. Предмет исследования — принципы перехода от защиты от воды к сосуществованию с водой: поглощение, адаптация и подъём. В качестве исходного состояния рассматривается периодически затапливаемое поселение, где повторяющийся водный режим нарушает доступ к жилью, школе, медицинской помощи, инженерным сетям и общественным пространствам.

Анализ источников

Российские исследования по водочувствительному дизайну подчёркивают значение «города-губки» и умных ландшафтов как инструментов удержания, фильтрации и перераспределения поверхностного стока [1]. Экосистемный подход к регенерации нарушенных городских территорий показывает, что водно-зелёная инфраструктура может быть не вспомогательным благоустройством, а основой пространственной перестройки городской среды [2].

Работы по защите населённых территорий от подтоплений и проектированию на затопляемых береговых территориях позволяют рассматривать воду не только как инженерную угрозу, но и как фактор планировочных решений, размещения функций, организации путей доступа и режима эксплуатации [3; 4].

Зарубежные подходы к интегрированному управлению риском наводнений рассматривают город как сложную систему, где гидрология, землепользование, инфраструктура, социальная уязвимость и управление должны анализироваться совместно [10]. Природоориентированные решения (Nature-based Solutions, NBS) определяются как действия по защите, устойчивому управлению и восстановлению природных или модифицированных экосистем, решающие общественные проблемы и одновременно создающие выгоды для человека и биоразнообразия [11].

Концепция

Главная идея исследования — формулировка Амфибийного города-губки как системы, соединяющей водопоглощение, управляемое размещение воды и вертикальную адаптацию критических функций. Периодически затапливаемое поселение рассматривается не как готовый тип объекта, а как исходное состояние риска, из которого развивается новая архитектурно-градостроительная типология.

Таблица 1
Типологический переход от периодически затапливаемого поселения к Амфибийному городу-губке

Параметр	Периодически затапливаемое поселение	Амфибийный город-губка	Типологический переход
Масштаб	Сложившееся поселение или его уязвимый фрагмент	Поселение, городской район, набережная, парк, улица, кампус, сеть пилотных территорий	От локальной проблемы к городской системе
Главная угроза	Паводок, половодье, ливневое или временное затопление	Паводок, ливневый сток, перегрев, засуха, штормовой нагон, дефицит воды	Единая водно-климатическая повестка
Пространственная логика	Преимущественно стационарная застройка; локальные защитные и эвакуационные меры	Сочетание сухих, управляемо затапливаемых и амфибийных элементов, закреплённых на месте	От единого режима к системе водных режимов

Экологический слой	Вода преимущественно как фактор риска и ограничения	Город-губка, природо-ориентированные решения, биоканавы, дождевые цветки-водосборники, водоудерживающие материалы	Вода как риск, ресурс и материал ландшафта
Социальная цель	Снижение ущерба и восстановление жизнедеятельности после воды	Сохранение повседневности, общественных пространств, локальной идентичности и городских сервисов	От восстановления к непрерывности жизни

Амфибийный город-губка предлагает смену исследовательского вопроса. В центр ставится вопрос «как проектировать город, способный жить вместе с водой». Это не означает отказа от дамб, насосов, коллекторов и иных инженерных средств защиты. Речь идёт о расширении защитной парадигмы: к ней добавляются ландшафтные, архитектурные, цифровые, материальные и социальные механизмы, распределяющие нагрузку и уменьшающие зависимость города от одного рубежа обороны.

Три уровня устойчивости: Поглощение, Адаптация, Подъем

Принцип Амфибийного города-губки можно сформулировать через короткую проектную фразу: город не уплывает, он поднимается вместе с водой и возвращается после её ухода. Проект не предлагает дрейфующую структуру, оторванную от земли и локальной культуры. Его смысл состоит в сохранении места: меняется только вертикальный режим отдельных модулей, тогда как планировочная структура, общественные связи и территориальная идентичность остаются закреплёнными.

ПОГЛОЩЕНИЕ		АДАПТАЦИЯ		ПОДЪЁМ
Дождевые сады, биоканавы, проницаемые покрытия, зелёные крыши, водоудерживающие материалы.	→	Ветланды, каналы, затапливаемые парки, водные площади и резервуарные ландшафты.	→	Амфибийные модули, направляющие элементы, гибкие сети и сухие коридоры связи.
Дождевые сады, биоканавы, проницаемые покрытия, зелёные крыши, водоудерживающие материалы.		Ветланды, каналы, затапливаемые парки, водные площади и резервуарные ландшафты.		Амфибийные модули, направляющие элементы, гибкие сети и сухие коридоры связи.

Рис. 1. Трёхуровневая модель устойчивости структуры Амфибийного города-губки

Логика: город сначала снижает сток, затем предоставляет воде управляемое место, а при экстремальном уровне сохраняет критические функции за счёт вертикальной адаптации.

Таблица 2
Три уровня устойчивости Амфибийного города-губки

Уровень	Архитектурный смысл	Типовые элементы	Результат для города
Поглощение	Снизить скорость и объём поверхностного стока до критического события	Дождевые сады, биоканавы, дождевой цветок-водосборник, водоудерживающий биокомпозит, проницаемые покрытия, зелёные крыши	Меньшая нагрузка на ливневую сеть, больше влаги для растений, снижение перегрева
Адаптация	Предоставить воде управляемое место внутри городской ткани	Ветланды, каналы, затапливаемые парки, водные площади, резервуарные ландшафты	Безопасное временное размещение воды, экологический и рекреационный эффект
Подъём	Сохранить критические функции при экстремальном уровне воды	Амфибийные модули разных масштабов, направляющие элементы, гибкие сети, сухие коридоры	Непрерывность жизни, снижение ущерба, сохранение места и идентичности

Модульная городская система

Модульная задаёт повторяемые размеры, узлы и режимы работы, но допускает разные архитектурные решения. В концепции рассматриваются модули 10×10 м для жилья, мастерских, кафе, дворов и малых общественных функций, а также модули 20×20 м для школ, клиник, рынков и общественных центров. Для таких модулей принципиальны проверяемые параметры: плавучесть, запас свободного борта, остойчивость, масса надстройки, тип направляющих, ремонтопригодность и режим подключения инженерных сетей.

Контуры развития архитектурной типологии: цифровой, публично-климатический, материальный и амфибийно-инженерный.

Первый блок — Цифровая Планета/карта webGIS (Digital Earth/Амфибийный город-губка webGIS). Его задача состоит в том, чтобы архитектурное решение начиналось не с формы объекта, а с диагностики территории. Цифровая карта водной уязвимости должна учитывать рельеф, ливневую сеть, глубину и длительность затопления, социальную инфраструктуру, пути эвакуации, свободные участки и климатические сценарии.

Таблица 3
Ступенчатая типология внедрения Амфибийного города-губки

Тип	Ситуация	Главная идея	Типовые элементы	Уровень вмешательства
T0	Любая территория	Паспорт водной уязвимости и выбор сценария	webGIS, карта риска, полевые обследования, сценарии воды	Подготовительный
T1	Существующая застройка, мало свободной земли	Минимальная водопроницаемая модернизация без массового переноса зданий	Дождевые цветки-водосборники, биоканавы, дождевые сады, проницаемые покрытия	Минимальный
T2	Есть свободные участки внутри поселения	Вставка жизненно важных амфибийных объектов	Клиника, убежище, склад, пункт связи, малый или общественный модуль	Точечный
T3	Критичны эвакуация и доступ	Сухие или амфибийные коридоры связи	Приподнятые маршруты, линейные модули, инженерные линии	Сетевой
T4	Есть ветхие и особо уязвимые кварталы	Поэтапная замена фрагментов на амфибийные кластеры	Модульные платформы, посадочные опоры, общественные узлы	Средний / высокий
T5	Новая стройка или переселение	Полностью модульный амфибийный район-губка	Полная система «Поглощение — Адаптация — Подъём»	Максимальный

Второй блок — дождевая арт-инфраструктура. Он объединяет дождевой цветок-водосборник и дождевую скульптуру как видимую инфраструктуру дождя. Дождевой цветок-водосборник работает как складной водосборный городской объект: в ливень он собирает воду, снижает пиковый сток, создает запас для полива и охлаждения, а в сухой период становится тенью, ориентиром и общественным местом. Дождевая скульптура усиливает эмоциональный и ландшафтный слой: дождь становится событием, после которого город «расцветает», а инфраструктура перестает быть скрытой технической системой. Для концепции важно не само изделие, а принцип: дождевая инфраструктура может быть городской, видимой и социально понятной.

Третий блок — Биокомпозитные материалы. Он отвечает за живой водоудерживающий слой: биогидрогели, волокнистые маты, биоуголь, минеральные субстраты, корневые системы, фасадные и ландшафтные кассеты. Этот блок позволяет работать с уже построенной тканью города и усиливать уровень Поглощения: удерживать первые миллиметры осадков, поддерживать растения, снижать перегрев и задерживать воду там, где она выпала.

Четвертый блок — Адаптивные понтоны / Амфибийные городские модули. Это главный отличительный слой Амфибийного города-губки. Он включает понтонные платформы, HDPE/PEAD-кассеты, направляющие сваи, посадочные опоры, гибкие инженерные сети и сценарии общественных спасательных объектов.

Таблица 4
Направления дальнейшей разработки концепции

Направление	Концептуальная задача	Что рассматривается	Возможный результат	Роль в системе
Цифровая Земля / webGIS	Диагностика водного риска	Гидрология, рельеф, ливни, паводки, социальная инфраструктура	Карта водной уязвимости, паспорт территории, каталог решений T0–T5	Показывает, где и какие меры необходимы
Дождевая арт-инфраструктура	Публичное представление водного цикла	дождевой цветок-водосборник, дождевая скульптура, водосбор, тень, охлаждение	Прототипы и каталог объектов дождевой инфраструктуры	Делает воду видимой и общественно понятной
Биокомпозит	Мягкая адаптация городской поверхности	Влагопоглощающие компоненты, волокна, биоуголь, субстраты, фасадные и ландшафтные кассеты	Рецептуры, маты, кассеты, биофильтры	Удерживает воду в живом городском слое
Амфибийные модули	Управляемая вертикальная адаптация	Плавучесть, направляющие элементы, посадочные опоры, гибкие сети, модульные платформы	Расчётные модели и прототипы платформ	Обеспечивает уровень «Подъём»

Российский и международный контекст применения

Для России типология Амфибийного города-губки может быть особенно значима в пойменных сельских и пригородных территориях, малых городах, ливнеопасных плотных кварталах, прибрежных и устьевых зонах, а также в бассейнах с трансграничным водным режимом.

Международный контекст БРИКС усиливает значение типологии. Бразильские, китайские, индийские и другие города сталкиваются с разными сочетаниями экстремальных осадков, морских нагонов, муссонных режимов, перегрева, неформальной застройки и дефицита инженерной инфраструктуры.

Научная новизна и ограничения

Научная новизна предлагаемой типологии состоит в соединении трех линий, которые обычно рассматриваются раздельно. Первая линия — противопаводковая архитектура и амфибийное строительство, ориентированные на сохранение здания при подъеме воды. Вторая линия — проницаемый город и природоориентированные решения, работающие с удержанием, фильтрацией и перераспределением стока. Третья линия — цифровая диагностика и сценарное моделирование территории. Амфибийный город-губка соединяет эти линии через принцип закрепленности в плане и адаптивности по высоте.

Главное отличие предлагаемой модели состоит в том, что Амфибийный город-губка сохраняет связь с территорией. Плавучесть здесь не является способом ухода с места. Она является аварийным или сезонным режимом вертикальной адаптации отдельных элементов.

Заключение

Переход от периодически затапливаемого поселения к Амфибийному городу-губке позволяет сформулировать новую архитектурно-градостроительную типологию жизни с водой.

Предложенная модель включает три уровня устойчивости: Поглощение, Адаптацию и Подъём. Их совместная работа позволяет соединить природоориентированные решения, ландшафтную инфраструктуру, амфибийные модули, цифровую диагностику и социальные сценарии использования территории.

Ступенчатая типология внедрения T0–T5 показывает, что концепция может применяться постепенно: от паспорта водной уязвимости, дождевых садов и Дождевых цветков-водосборников до амфибийных узлов, сухих коридоров, кластеров обновления и новых модульных районов. Это делает модель пригодной не только для нового строительства, но и для существующих поселений.

Ключевое отличие предлагаемого подхода от традиционных образов плавучего города состоит в сохранении места. Город не становится дрейфующей структурой и не утрачивает территориальную идентичность. Он остается закрепленным, но адаптивным по высоте.

Литература

1. Зайкова Е. Ю., Феофанова С. С. Водочувствительный дизайн городской среды: города-губки и «умные» ландшафты // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 4. С. 499–514. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.4.499-514.

2. Благовидова Н. Г., Девятов Д. В. Применение экосистемного подхода к регенерации нарушенных городских территорий г. Мурманска // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 4(69). С. 239–255. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-239-255.

3. Хайбуллин Н. Н. Архитектурно-планировочные мероприятия по защите от подтоплений населённых территорий // Вестник магистратуры. 2021. № 5-4(116). С. 60–61.

4. Михайлова Е. А. Градостроительные особенности проектирования архитектурных объектов на затопляемых береговых территориях в Нидерландах // Архитектон: известия вузов. 2016. № 1(53). С. 27–34.

5. Зайкова Е. Ю. Водочувствительный дизайн для поддержания природно-инженерного каркаса города // Инновации и инвестиции. 2024. № 5. С. 575–581.

6. Нгуен В. М., Зайкова Е. Ю. Принципы территориально-пространственной организации городских территорий, подверженных затоплению // Инновации и инвестиции. 2024. № 4. С. 592–596.

7. Зайкова Е. Ю., Нгуен В. М. Оценка потенциала территории для снижения процессов затопления в Хошимине (Вьетнам) // Инновации и инвестиции. 2024. № 4. С. 597–603.

8. Андропова Д. Д., Нижегородцева Ю. Е., Гудков А. А. Экологические подходы к формированию общественных приречных пространств как инструмент развития водно-зелёного каркаса города Новокузнецка // Строительство: наука и образование. 2024. № 2. С. 113–148. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.113-148.

9. World Bank. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, DC: World Bank, 2021.

10. Jha A. K., Bloch R., Lamond J. Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Washington, DC: World Bank, 2012.

11. Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C., Maginnis S. (eds.). Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges. Gland, Switzerland: IUCN, 2016.

12. Frantzeskaki N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities // Environmental Science & Policy. 2019. Vol. 93. P. 101–111.

13. World Bank. Implementing Nature-based Flood Protection: Principles and Implementation Guidance. Washington, DC: World Bank, 2017.

14. Miki-Imoto H., Shkabatur J., Noda T. Yokohama Urban Design Sketchbook: Translating a Community-Led Vision into Practice. Washington, DC: World Bank, 2022.

From a periodically flooded settlement to an amphibious sponge city: an architectural typology of living with water

Korsi M.V.
State University of Land Use Planning

JEL classification: L61, L74, R53

The article develops a conceptual architectural and urban model for the transition from a periodically flooded settlement to an Amphibious Sponge City. The purpose of the study is to define typological principles for an urban environment that does not only protect itself from water, but also incorporates variable water regimes into spatial, social and infrastructural organization. The methodology combines design-typological analysis, comparison of Russian and international approaches to water-sensitive and climate-adaptive urbanism, and systematization of the author's project materials on Floating Sponge City, Rain Flower water-collector and pontoon modules. The main result is a three-layer resilience model: Absorb, Adapt and Rise. The article also proposes a staged implementation typology from water vulnerability diagnostics to a new modular amphibious district and identifies the key components of the system: water-retaining infrastructure, Rain Flower water-collector climate objects, biocomposite sponge layers and anchored amphibious platforms. The conclusion is that the Amphibious Sponge City should be considered a conceptual framework for further engineering, digital and urban planning research in territories exposed to recurring flooding.

Keywords**:** amphibious architecture, Amphibious Sponge City, flood, periodic flooding, Nature-based Solutions, water-sensitive design, pontoon platforms, Rain Flower water-collector, climate adaptation.

References

1. Zaykova E. Yu., Feofanova S. S. Water-sensitive design of the urban environment: sponge cities and smart landscapes. Vestnik MGSU, 2024, vol. 19, no. 4, pp. 499–514. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.4.499-514.

2. Blagovidova N. G., Devyatov D. V. Application of the ecosystem approach to the regeneration of disturbed urban areas of Murmansk. Architecture and Modern Information Technologies, 2024, no. 4(69), pp. 239–255. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-239-255.

3. Khaybullin N. N. Architectural and planning measures for protection of inhabited territories from flooding. Vestnik magistratury, 2021, no. 5-4(116), pp. 60–61.

4. Mikhailova E. A. Urban planning features of designing architectural objects on floodable coastal territories in the Netherlands. Architecton: Proceedings of Higher Education, 2016, no. 1(53), pp. 27–34.

5. Zaykova E. Yu. Water-sensitive design for supporting the natural-engineering framework of the city. Innovatsii i investitsii, 2024, no. 5, pp. 575–581. (In Russ.)

6. Nguyen V. M., Zaykova E. Yu. Principles of territorial and spatial organization of urban areas exposed to flooding. Innovatsii i investitsii, 2024, no. 4, pp. 592–596. (In Russ.)

7. Zaykova E. Yu., Nguyen V. M. Assessment of the territory potential for reducing flooding processes in Ho Chi Minh City (Vietnam). Innovatsii i investitsii, 2024, no. 4, pp. 597–603. (In Russ.)

8. Andropova D. D., Nizhegorodtseva Yu. E., Gudkov A. A. Ecological approaches to the formation of public riverside spaces as an instrument for developing the water-green framework of Novokuznetsk. Stroitelstvo: nauka i obrazovanie, 2024, no. 2, pp. 113–148. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.113-148. (In Russ.)

9. World Bank. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. Washington, DC: World Bank, 2021.

10. Jha A. K., Bloch R., Lamond J. Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Washington, DC: World Bank, 2012.

11. Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C., Maginnis S. (eds.). Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges. Gland, Switzerland: IUCN, 2016.

12. Frantzeskaki N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. Environmental Science & Policy, 2019, vol. 93, pp. 101–111.

13. World Bank. Implementing Nature-based Flood Protection: Principles and Implementation Guidance. Washington, DC: World Bank, 2017.

14. Miki-Imoto H., Shkabatur J., Noda T. Yokohama Urban Design Sketchbook: Translating a Community-Led Vision into Practice. Washington, DC: World Bank, 2022.

Технологическая схема SCAN -to-BIM для реконструкции многоэтажных зданий

Ивакина Юлия Юрьевна
канд. тех. наук, доцент, кафедра Испытания сооружений, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, ivakinayy@mgsu.ru,

Сергеева Светлана Юрьевна
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, ssalexandrova@icloud.com,

Баталов Кирилл Сергеевич
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, batalovks@yandex.ru

Объектом рассмотрения являются технологические переходы от традиционного обследования существующего многоэтажного здания к цифровой геометрической основе, пригодной для подготовки BIM-модели и расчетной схемы. Необходимость такой постановки связана с тем, что при реконструкции ручные обмеры, вскрытия и неразрушающий контроль дают достоверные локальные сведения, но не всегда обеспечивают полную пространственную фиксацию объекта. Методика работы включает обобщение отечественных и зарубежных публикаций по laser scanning, scan-to-BIM и AI-сегментации облаков точек, а также сопоставление традиционного обследования с потенциальным цифровым дополнением на примере многоэтажного здания. Получена последовательность из восьми этапов: постановка задачи, планирование съемки, полевой сбор данных, регистрация и очистка облака точек, сегментация, построение as-is BIM-модели, верификация и прикладное использование модели при реконструкции. Показано, что цифровые методы наиболее значимы для сплошной фиксации геометрии, выявления пространственных отклонений, сокращения повторных камеральных уточнений и подготовки геометрической основы расчетной модели. Сделан вывод, что scan-to-BIM и AI-инструменты не заменяют инженерное обследование, а образуют дополнительный технологический слой между натурной диагностикой, BIM-моделированием и расчетным обоснованием решений по реконструкции.

Ключевые слова: реконструкция зданий, техническое обследование, лазерное сканирование, облако точек, BIM-модель, scan-to-BIM, искусственный интеллект, семантическая сегментация, расчетная модель.

Введение

Реконструкция существующих зданий связана с высокой неопределенностью исходных данных. Архивная документация часто не отражает поздние перепланировки, локальные усиления, скрытые дефекты, фактические отметки и пространственные отклонения конструктивных элементов. Поэтому традиционное техническое обследование, выполняемое в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2024 и положениями расчетных норм для бетонных и железобетонных конструкций, остается базовым источником сведений о состоянии объекта.

Вместе с тем реконструктивное проектирование требует не только локальной диагностики материалов и дефектов, но и согласованной пространственной основы для последующего расчета, координации инженерных систем и выбора проектных решений. В российских публикациях BIM-технологии рассматриваются как средство структурирования результатов обследования и повышения управляемости реконструкции [1; 2; 3; 4]. Международная литература развивает близкую логику через процессы laser scanning, point cloud processing и scan-to-BIM, где фактическая геометрия объекта переводится в параметрическую модель существующего состояния [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15].

Наиболее существенная проблема состоит в том, что облако точек само по себе не является инженерной моделью. Оно фиксирует координаты поверхностей, но не определяет конструктивную роль элемента, его материал, расчетную схему, поврежденность и пригодность для проектного вмешательства. Поэтому ценность цифрового обследования определяется не только точностью съемки, но и надежностью перехода от геометрических данных к BIM-объектам, а затем к упрощенной расчетной модели.

Цель статьи состоит в формировании технологической схемы цифрового дополнения традиционного обследования многоэтажного здания при реконструкции. Для достижения цели решены следующие задачи: обобщить практику применения laser scanning и scan-to-BIM для существующих зданий; определить последовательность перехода от облака точек к BIM-модели; сопоставить традиционное обследование и потенциальное цифровое дополнение по инженерным критериям; определить место AI-сегментации и специализированных платформ в снижении трудоемкости моделирования.

Модели и метод

Работа выполнена как прикладное методическое обобщение. В качестве исходной инженерной ситуации принят сценарий реконструкции многоэтажного здания, для которого традиционное обследование включает инструментальные обмеры, локальные вскрытия, неразрушающий контроль, фиксацию дефектов и подготовку расчетной схемы. Лазерное сканирование в такой постановке рассматривается не как замена обследованию, а как потенциальный источник более полной геометрической подложки.

Методика включала три последовательных действия. На первом этапе были систематизированы публикации, описывающие BIM для существующих зданий, полуавтоматическое построение моделей по облакам точек, гибридную съемку, цифровые двойники и практику применения сканирования на действующих строительных объектах [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15]. На втором этапе были выделены функции искусственного интеллекта в scan-to-BIM: семантическая сегментация, классификация элементов, объектная верификация и поддержка параметризации [16; 17; 18; 19; 20]. На третьем этапе выполнено сопоставление традиционного обследования и цифрового сценария по критериям, значимым для реконструкции, с учетом опубликованных сравнений ручных и полуавтоматических измерений [21].

В работе разграничены три уровня цифрового представления объекта. Первый уровень - облако точек, то есть геометрическая фиксация фактического состояния. Второй уровень - BIM-модель существующего состояния, в которой элементы получают типологию, параметры и связи. Третий уровень - расчетная модель, представляющая идеализированную схему для инженерного расчета. Такое разграничение необходимо, поскольку прямой перенос облака точек в расчетный комплекс невозможен без инженерной фильтрации и упрощения.

Платформа aurivus рассмотрена как пример специализированного программного слоя между исходным облаком точек и BIM-средой. В статье не утверждается фактическое применение данной платформы на

объекте; анализ ограничен технологической ролью подобных инструментов по официальным материалам разработчика [22; 23; 24; 25].

Результаты и анализ исследования

Зарубежная практика показывает, что laser scanning наиболее результативен не как самостоятельная операция, а как часть управляемой цепочки scan-to-BIM. Для существующих и исторических зданий это особенно важно, поскольку исходная документация часто неполна, а геометрия может быть нерегулярной или деформированной [5; 10; 11]. Комбинация наземного лазерного сканирования, фотограмметрии и беспилотной съемки повышает полноту фиксации в зонах сложного доступа [13; 14].

В обобщенном виде технологическая схема применения лазерного сканирования при реконструкции включает восемь этапов. Каждый этап имеет самостоятельный результат и влияет на пригодность последующей BIM-модели для проектирования и расчета.

Таблица 1

Технологическая схема применения лазерного сканирования при реконструкции

Этап	Содержание работ	Результат этапа
1. Постановка задачи	Определение цели сканирования, требуемой точности и области применения модели.	Программа цифрового обследования объекта.
2. Планирование съемки	Выбор станций сканирования, контрольных точек и сценария TLS/UAV/фотограмметрии.	Схема полевых работ и покрытия объекта.
3. Полевой сбор данных	Выполнение лазерного сканирования и дополнительной фотофиксации без использования изображений как результата статьи.	Набор исходных облаков точек и вспомогательных данных.
4. Регистрация и очистка	Сведение сканов в общую систему координат, удаление шума, случайных отражений и лишних объектов.	Единое очищенное облако точек.
5. Сегментация	Выделение стен, перекрытий, колонн, проемов, инженерных трасс и других значимых элементов.	Структурированное облако точек по классам объектов.
6. Scan-to-BIM	Построение as-is BIM-модели и задание параметров элементов.	Информационная модель существующего здания.
7. Верификация	Сопоставление BIM-модели с облаком точек и контроль отклонений.	Проверенная цифровая модель для проектирования.
8. Прикладное использование	Применение модели для обследования, координации, расчетов и проектирования реконструкции.	Основание для выбора инженерных решений.

Источник: составлено авторами.

Критическим звеном является этап преобразования облака точек в инженерно осмысленную модель. Если модель содержит только геометрию, она помогает визуально оценить объект, но не решает задачу реконструктивного проектирования. Для практического использования необходимо, чтобы стены, колонны, балки, плиты, проемы и инженерные трассы были представлены как элементы с параметрами, связями и проверяемой точностью.

Сопоставление традиционного обследования и потенциального цифрового дополнения показывает, что оба подхода имеют разные области инженерной эффективности. Традиционные процедуры необходимы для вскрытий, контроля армирования, оценки дефектов и свойств материалов. Цифровые методы сильнее на стадиях сплошной фиксации геометрии, выявления пространственных отклонений и сокращения повторных камеральных уточнений.

Таблица 2

Сопоставление традиционного обследования и потенциального применения scan-to-BIM

Критерий	Традиционное обследование	Потенциальное применение laser scanning / scan-to-BIM
Затраты на оборудование и ПО	Ниже: используются стандартные приборы обследования и ручная камеральная обработка.	Выше: требуется сканер, специализированное ПО и подготовка цифровых данных.
Время полевых работ	Зависит от программы обмеров; при сложной геометрии возрастает из-за числа локальных измерений.	Может быть сокращено за счет сплошной пространственной фиксации участка или этажа.
Точность фиксации геометрии	Высока в контрольных точках, но зависит от плотности выбранных измерений.	Более равномерная фиксация геометрии сканируемого участка.
Полнота данных	Фиксация выборочная и зависит от заранее принятой программы измерений.	Формируется массив пространственных данных, пригодный для повторного анализа.
Риск пропуска отклонений	Выше, если отклонение не попало в программу контрольных точек.	Ниже, поскольку пространственные отклонения выявляются по отснятому участку.
Необходимость повторных выездов	Возникает при уточнении размеров, отметок и пространственных привязок.	Может быть снижена за счет камеральной работы с облаком точек.
Построение расчетной модели	Выполняется по отдельным точкам, привязкам и ручной интерпретации геометрии.	Использует цифровую подложку, но требует инженерной фильтрации и упрощения.
BIM-интеграция	Ограничена: данные требуется дополнительно структурировать.	Выше: облако точек служит основой для as-is BIM-модели.
Ограничения	Необходима для дефектов, вскрытий, армирования и свойств материалов.	Не заменяет обследование; эффективность зависит от качества съемки и обработки.

Источник: составлено авторами.

Искусственный интеллект в этой цепочке выполняет не функцию замены инженера, а функцию предварительной обработки. Наиболее распространены алгоритмы семантической сегментации, которые назначают группам точек классы конструктивных и инженерных элементов [17; 18; 19; 20]. Отдельное направление связано с объектной верификацией, когда нейросеть сравнивает фрагменты облака точек с BIM-объектами и снижает количество ложных распознаваний [16].

Для реконструкции это важно потому, что ошибка цифровой интерпретации может перейти в проектную ошибку. Алгоритм способен выделить плоскость стены или границы проема, но не определяет автоматически несущую роль элемента, наличие скрытых повреждений и допустимость вмешательства. Поэтому итоговая модель должна проходить экспертную проверку по полноте, точности и пригодности для расчетных задач.

Практическая программная цепочка обычно включает несколько групп средств. Для регистрации и очистки сканов применяются Leica Cyclone REGISTER 360 PLUS, FARO SCENE, Trimble RealWorks и Autodesk ReCap Pro. Для BIM-авторинга используются Autodesk Revit, Tekla Structures, Archicad, Bentley/OpenBuildings и специализированные scan-to-BIM решения. Платформы типа aurivus могут выполнять предварительную классификацию облака точек, группировать элементы и передавать структурированные данные в BIM-среду [22; 23; 24; 25].

Таким образом, наиболее корректная технологическая последовательность для реконструкции выглядит следующим образом: ручное техническое обследование и локальная диагностика дефектов; лазерное сканирование для пространственной фиксации геометрии; интеграция данных обследования и облака точек; построение и верификация BIM-модели существующего состояния; подготовка упрощенной расчетной схемы. Эта последовательность не отменяет традиционные процедуры, а распределяет между ними и цифровыми средствами разные инженерные задачи.

Заключение

По итогам проведенного исследования были получены следующие результаты:

1. Традиционное обследование сохраняет базовое значение при реконструкции, поскольку только оно позволяет достоверно установить дефекты, параметры армирования, свойства материалов и фактическое состояние конструкций.

2. Laser scanning и scan-to-BIM целесообразно рассматривать как цифровое дополнение к обследованию, обеспечивающее более полную геометрическую фиксацию объекта и снижение неопределенности при подготовке проектных решений.

3. Предложенная технологическая схема включает восемь этапов от постановки задачи сканирования до прикладного использования BIM-модели при обследовании, координации, расчетах и проектировании реконструкции.

4. Наиболее критическим звеном является переход от облака точек к BIM-модели существующего состояния, поскольку именно на этой стадии геометрические данные превращаются в инженерно осмысленные объекты.

5. AI-сегментация и специализированные платформы способны сократить объем ручного моделирования и камеральных уточнений, однако итоговая модель должна проходить экспертную верификацию перед использованием в расчетной и проектной работе.

6. Для многоэтажных зданий наиболее рациональной является интегрированная схема: натурное обследование определяет техническое состояние конструкций, а цифровые методы уточняют пространственную геометрию и создают основу для последующего BIM- и расчетного сопровождения реконструкции.

Литература

1. Шеина С. Г. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений / С. Г. Шеина, Е. В. Виноградова, Ю. С. Денисенко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 6(78). – С. 340-346. – EDN HSBYQC.
2. Чигинский Д. С. Применение BIM-технологий при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений / Д. С. Чигинский, Г. В. Валеев // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 года / Под общей редакцией А.А. Семенова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 248-254. – DOI 10.23968/BIMAC.2021.032. – EDN ZNJHNB.
3. Марковец О. К. Организационно-технологические и конструктивные особенности реконструкции зданий 1950-х-1960-х годов / О. К. Марковец, Е. В. Соловьева, Я. Ю. Волох // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 6. – EDN NIHFLB.
4. Даюб Н. Исследование разработки стратегии реконструкции объектов строительства / Н. Даюб, А. А. Лапидус, М. А. Фахратов // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 2. – EDN TVPOSZ.
5. Volk R. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs / R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann // Automation in Construction. – 2014. – Vol. 38. – P. 109-127. – DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
6. Macher H. From Point Clouds to Building Information Models: 3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings / H. Macher, T. Landes, P. Grussenmeyer // Applied Sciences. – 2017. – Vol. 7. – No. 10. – Article 1030. – DOI: 10.3390/app7101030.
7. Haghighat Khajavi S. Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings / S. Haghighat Khajavi, N. Hossein Motlagh, A. Jaribion, L.C. Werner, J. Holmström // IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 1-14. – DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2946515.
8. Wang C. Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications / C. Wang, Y.K. Cho, C. Kim // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 56. – P. 1-13. – DOI: 10.1016/j.autcon.2015.04.001.
9. Baik A. From Point Cloud to Existing BIM for Modelling and Simulation Purposes // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2019. – Vol. XLII-5/W2. – P. 15-22. – DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-15-2019.
10. Rocha G. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings / G. Rocha, L. Mateus, J. Fernández, V. Ferreira // Heritage. – 2020. – Vol. 3. – No. 1. – P. 47-67. – DOI: 10.3390/heritage3010004.
11. Lopez F.J. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) / F.J. Lopez, P.M. Lerones, J. Llamas, J. Gomez-Garcia-Bermejo, E. Zalama // Multimodal Technologies and Interaction. – 2018. – Vol. 2. – No. 2. – Article 21. – DOI: 10.3390/mti2020021.
12. Sadeghineko F. Practicalities of Incorporating 3D Laser Scanning with BIM in Live Construction Projects: A Case Study / F. Sadeghineko, K. Lawani, M. Tong // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – No. 6. – Article 1651. – DOI: 10.3390/buildings14061651.
13. Salah R. Predictive hybrid scan-to-BIM method improves heritage building documentation completeness and accuracy / R. Salah, N. Géczy, K. Ajtayné Károlyfi // Scientific Reports. – 2026. – Vol. 16. – Article 7622. – DOI: 10.1038/s41598-026-38200-8.
14. Liu S. Application of 3D laser scanning technology for mapping and accuracy assessment of the point cloud model for the Great Achievement Palace heritage building / S. Liu, M.J. Bin Mamat // Heritage Science. – 2024. – Vol. 12. – Article 153. – DOI: 10.1186/s40494-024-01252-y.
15. You K. Automated scan-to-BIM for construction digital transformation: Conceptual framework, processing methods and best-practice guidelines / K. You, K. Chen, F. Xue // Automation in Construction. – 2026. – Vol. 182. – Article 106755. – DOI: 10.1016/j.autcon.2025.106755.
16. Wang B. Object verification based on deep learning point feature comparison for scan-to-BIM / B. Wang, Q. Wang, J.C.P. Cheng, C. Yin // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 142. – Article 104515. – DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104515.
17. Patil J. Automatic Scan-to-BIM – The Impact of Semantic Segmentation Accuracy / J. Patil, M. Kalantari // Buildings. – 2025. – Vol. 15. – No. 7. – Article 1126. – DOI: 10.3390/buildings15071126.
18. Hu D. Automated BIM-to-scan point cloud semantic segmentation using a domain adaptation network with hybrid attention and whitening (DawNet) / D. Hu, V.J.L. Gan, R. Zhai // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 164. – Article 105473. – DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105473.
19. Ma J.W. Semantic segmentation of point clouds of building interiors with deep learning: Augmenting training datasets with synthetic BIM-based point clouds / J.W. Ma, T. Czerniawski, F. Leite // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 113. – Article 103144. – DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103144.
20. Hu D. Robot-assisted mobile scanning for automated 3D reconstruction and point cloud semantic segmentation of building interiors / D. Hu, V.J.L. Gan, C. Yin // Automation in Construction. – 2023. – Vol. 152. – Article 104949. – DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104949.
21. Gleń P. Comparative analysis of the inventory process using manual measurements and laser scanning / P. Gleń, K. Krupa // Budownictwo i Architektura. – 2019. – Vol. 18. – No. 2. – P. 21-30. – DOI: 10.35784/bud-arch.552.
22. aurivus - From scanning to digital [Электронный ресурс]. URL: https://aurivus.com/ (дата обращения: 22.04.2026).
23. aurivus. Solution [Электронный ресурс]. URL: https://aurivus.com/solution/ (дата обращения: 22.04.2026).
24. aurivus. Structural Modeling [Электронный ресурс]. URL: https://aurivus.com/industries/structural-modeling/ (дата обращения: 22.04.2026).
25. aurivus. Point Cloud Intelligence Platform - AI automated as-built quantity takeoff and measurement [Электронный ресурс]. URL: https://aurivus.com/videos-point-cloud-intelligence/ (дата обращения: 22.04.2026).

Scan-to-BIM workflow for multi-storey building reconstruction

Ivakina Yu.Yu., Sergeeva S.Yu., Batalov K.S.
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

JEL classification: L61, L74, R53

The paper considers technological transitions from conventional inspection of an existing multi-storey building to a digital geometric basis suitable for BIM authoring and structural model preparation. For the purposes of this study, the problem is important because manual measurements, local openings and non-destructive testing provide reliable local information, whereas they do not always capture the spatial geometry of the whole object. The study summarizes Russian and international publications on laser scanning, scan-to-BIM and AI-based point cloud segmentation, and compares conventional inspection with a potential digital extension for the same type of building. As a result, the paper proposes an eight-stage workflow: task definition, survey planning, field data acquisition, point cloud registration and cleaning, segmentation, as-is BIM modelling, model verification and engineering use during reconstruction. The comparison shows that digital methods are most useful for complete geometric capture, detection of spatial deviations, reduction of repeated office checks and preparation of a geometric basis for a calculation model. Consequently, scan-to-BIM and AI tools should not replace engineering inspection; moreover, they should operate as an additional technological layer between field diagnostics, BIM modelling and structural justification of reconstruction decisions.

Keywords: building reconstruction, structural inspection, laser scanning, point cloud, BIM model, scan-to-BIM, artificial intelligence, semantic segmentation, structural analysis model.

References

1. Sheina S.G. An example of BIM technology application in building and structure inspection / S.G. Sheina, E.V. Vinogradova, Yu.S. Denisenko // Engineering Bulletin of the Don. – 2021. – No. 6(78). – P. 340–346. – EDN HSBYQC.
2. Chiginsky D.S. Application of BIM technologies in the inspection of structural elements of buildings and structures / D.S. Chiginsky, G.V. Valeev // BIM Modeling in Construction and Architecture: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, April 21–23, 2021 / Ed. by A.A. Semenov. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2021. – P. 248–254. – DOI 10.23968/BIMAC.2021.032. – EDN ZNJHNB.
3. Markovets O.K. Organizational, technological and structural features of the reconstruction of buildings from the 1950s–1960s / O.K. Markovets, E.V. Solovieva, Ya.Yu. Volokh // Eurasian Scientific Journal. – 2023. – Vol. 15, No. 6. – EDN NIHFLB.
4. Dayub N. Research into the development of a reconstruction strategy for construction facilities / N. Dayub, A.A. Lapidus, M.A. Fakhratov // Eurasian Scientific Journal. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – EDN TVPOSZ.
5. Volk R. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs / R. Volk, J. Stengel, F. Schultmann // Automation in Construction. – 2014. – Vol. 38. – P. 109–127. – DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
6. Macher H. From Point Clouds to Building Information Models: 3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings / H. Macher, T. Landes, P. Grussenmeyer // Applied Sciences. – 2017. – Vol. 7. – No. 10. – Article 1030. – DOI: 10.3390/app7101030.
7. Haghighat Khajavi S. Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings / S. Haghighat Khajavi, N. Hossein Motlagh, A. Jaribion, L.C. Werner, J. Holmström // IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 1–14. – DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2946515.
8. Wang C. Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications / C. Wang, Y.K. Cho, C. Kim // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 56. – P. 1–13. – DOI: 10.1016/j.autcon.2015.04.001.
9. Baik A. From Point Cloud to Existing BIM for Modelling and Simulation Purposes // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information

Sciences. – 2019. – Vol. XLII-5/W2. – P. 15–22. – DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-15-2019.
10. Rocha G. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings / G. Rocha, L. Mateus, J. Fernández, V. Ferreira // Heritage. – 2020. – Vol. 3. – No. 1. – P. 47–67. – DOI: 10.3390/heritage3010004.
11. Lopez F.J. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) / F.J. Lopez, P.M. Lerones, J. Llamas, J. Gomez-Garcia-Bermejo, E. Zalama // Multimodal Technologies and Interaction. – 2018. – Vol. 2. – No. 2. – Article 21. – DOI: 10.3390/mti2020021.
12. Sadeghineko F. Practicalities of Incorporating 3D Laser Scanning with BIM in Live Construction Projects: A Case Study / F. Sadeghineko, K. Lawani, M. Tong // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – No. 6. – Article 1651. – DOI: 10.3390/buildings14061651.
13. Salah R. Predictive hybrid scan-to-BIM method improves heritage building documentation completeness and accuracy / R. Salah, N. Géczy, K. Ajtayné Károlyfi // Scientific Reports. – 2026. – Vol. 16. – Article 7622. – DOI: 10.1038/s41598-026-38200-8.
14. Liu S. Application of 3D laser scanning technology for mapping and accuracy assessment of the point cloud model for the Great Achievement Palace heritage building / S. Liu, M.J. Bin Mamat // Heritage Science. – 2024. – Vol. 12. – Article 153. – DOI: 10.1186/s40494-024-01252-y.
15. You K. Automated scan-to-BIM for construction digital transformation: Conceptual framework, processing methods and best-practice guidelines / K. You, K. Chen, F. Xue // Automation in Construction. – 2026. – Vol. 182. – Article 106755. – DOI: 10.1016/j.autcon.2025.106755.
16. Wang B. Object verification based on deep learning point feature comparison for scan-to-BIM / B. Wang, Q. Wang, J.C.P. Cheng, C. Yin // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 142. – Article 104515. – DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104515.
17. Patil J. Automatic Scan-to-BIM – The Impact of Semantic Segmentation Accuracy / J. Patil, M. Kalantari // Buildings. – 2025. – Vol. 15. – No. 7. – Article 1126. – DOI: 10.3390/buildings15071126.
18. Hu D. Automated BIM-to-scan point cloud semantic segmentation using a domain adaptation network with hybrid attention and whitening (DawNet) / D. Hu, V.J.L. Gan, R. Zhai // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 164. – Article 105473. – DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105473.
19. Ma J.W. Semantic segmentation of point clouds of building interiors with deep learning: Augmenting training datasets with synthetic BIM-based point clouds / J.W. Ma, T. Czerniawski, F. Leite // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 113. – Article 103144. – DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103144.
20. Hu D. Robot-assisted mobile scanning for automated 3D reconstruction and point cloud semantic segmentation of building interiors / D. Hu, V.J.L. Gan, C. Yin // Automation in Construction. – 2023. – Vol. 152. – Article 104949. – DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104949.
21. Gleń P. Comparative analysis of the inventory process using manual measurements and laser scanning / P. Gleń, K. Krupa // Budownictwo i Architektura. – 2019. – Vol. 18. – No. 2. – P. 21–30. – DOI: 10.35784/bud-arch.552.
22. aurivus – From scanning to digital [Electronic resource]. URL: https://aurivus.com/ (accessed: April 22, 2026).
23. aurivus. Solution [Electronic resource]. URL: https://aurivus.com/solution/ (accessed: April 22, 2026).
24. aurivus. Structural Modeling [Electronic resource]. URL: https://aurivus.com/industries/structural-modeling/ (accessed: April 22, 2026).
25. aurivus. Point Cloud Intelligence Platform – AI automated as-built quantity takeoff and measurement [Electronic resource]. URL: https://aurivus.com/videos-point-cloud-intelligence/ (accessed: April 22, 2026).

Сохранение исторических часовен XVII-XX века на территории Новгородской области

Баулина Елена Николаевна
доцент, доцент кафедры архитектурного и градостроительного наследия, Санкт-петербургский государственный архитектурно-строительный университет, arhi-lena@mail.ru,

Тимофеева Юлия Владимировна
магистрант, кафедра архитектурного и градостроительного наследия, Санкт-петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Iuliannilla@yandex.ru

Часовни составляют неотъемлемую часть историко-культурного ландшафта Новгородской области. В настоящее время многие из них заброшены и стремительно разрушаются, что усугубляется отсутствием комплексных исследований данного типа сооружений. Цель работы — разработка концепций сохранения часовен на основе их типологических признаков и анализа причин ухудшения состояния.

На основе изучения доступных источников систематизированы 184 исторические часовни по градостроительным, архитектурным, функциональным признакам и техническому состоянию. Выявлены факторы, затрудняющие сохранение: изменение градостроительной ситуации, планировочные ограничения, технологическая сложность реставрации, неполнота правового регулирования и особенности восприятия часовен населением. Установлено, что 11 % часовен полностью утрачено, более 30 % сохранившихся находятся в аварийном состоянии; 45 % не используются по религиозному назначению. Предложен подход, реализуемый на региональном (просветительская работа, совершенствование правового статуса) и объектном уровнях (дифференцированные архитектурные решения — от консервации до приспособления под новые функции). В качестве ключевого критерия выбора стратегии сохранения определено градостроительное положение часовни, дополняемое оценкой технического состояния, функционального назначения и планировочной структуры.

Ключевые слова: часовня, культовая архитектура, проблемы сохранения, типология часовен, концепция сохранения.

Введение

Часовни являются характерным проявлением «народного православия» в русской культуре [1, с. 252]. История их возникновения восходит к глубокой древности: одни исследователи усматривают в них продолжение языческой традиции установки придорожных столбов [2, с. 86–90], другие связывают их появление на Руси с возведением поклонного креста в Киеве апостолом Андреем Первозванным [3, с. 253]. К концу XIX века сложилось разнообразие функциональных типов часовен: одни служили местом сбора общины, в других хранились почитаемые реликвии, третьи возводились в ознаменование явления святых или в честь избавления от каких-либо напастей.

Однако в XIX веке, в период расцвета изучения новгородских древностей, внимание исследователей было сосредоточено на средневековых памятниках; часовни в силу своей массовости и «рядового» характера остались вне поля зрения. В XX веке часовням был нанесён значительный урон в ходе военных действий и антирелигиозных кампаний [4, с. 334]. Ко второй половине столетия, когда интерес к безалтарным постройкам (преимущественно деревянным) возобновился, большая их часть была безвозвратно утрачена.

Значительный вклад в изучение и сохранение новгородских часовен внёс архитектор-реставратор Л.Е. Красноречьев. Он занимался изучением конкретно деревянных часовен. С 1950-х годов Красноречьев проводил натурные обследования памятников деревянного зодчества Новгородчины [5, с. 23, 31–33, 41, 73], на основе которых выполнялись графические реконструкции и проекты реставрации. Под его руководством древнейшие деревянные часовни XVII века из деревень Гарь и Кашира Маловишерского района были разобраны, перевезены в музей «Витославлицы» и восстановлены.

В 2000–2010-е годы архитектор-реставратор В.А. Попов продолжил исследования деревянных часовен, начатые Красноречьевым. Виктор Александрович уточнил датировки и историю утраченных часовен, а сведения о сохранившихся зданиях дополнил результатами натурных обследований [6, с. 222–229; 7, с. 249–261; 8, с. 177–185].

В тот же период историком Е.В. Платоновым было проведено историко-этнографическое исследование сельских поселений, затронувшее вопросы размещения и посвящения часовен [9], и издана книга о часовнях Тихвинского уезда. Платонов каталогизировал их, но рассматривал не с точки зрения архитектуры, а как местные значимые сакральные объекты. Он делил часовни по месту расположения в деревне – в центре либо на периферии; по роли в жизни общины в условиях отсутствующего либо закрытого храма и отсутствия священника. Кроме того, среди мест возможного расположения часовен, он выделял места более древних культов – курганы и могильники, и различные сакральные народные объекты – источники, межевые камни и пр. [10]. Краткие описания часовен Старой Руссы содержатся в монографии В.Я. Ядрышникова [11].

Более новых научных публикаций по теме не обнаружено.

Таким образом, имеющиеся работы рассматривают отдельные аспекты бытования часовен. Архитектурные исследования освещают преимущественно часовни древние и деревянные, историко-этнографические исследования не затрагивают архитектуру, хотя включают в себя весь перечень когда-либо существовавших часовен на исследуемой территории. Таким образом, комплексное исследование, охватывающее архитектурный анализ как деревянных, так и каменных сооружений всей Новгородской области, отсутствует. Массовая утрата часовен и плохое состояние многих сохранившихся, вкупе с отсутствием исследований, препятствует осознанию ценности этих построек и разработке эффективных мер по их охране. Статистический анализ показал, что в регионе осталось менее 10 % исторических часовен от их числа, зафиксированного в списках населённых мест Новгородской губернии 1907–1913 годов [12]; свыше 50 % уцелевших утратили исторический облик в результате запустения и непрофессиональных перестроек. С учётом изложенного целью настоящего исследования является разработка дифференцированных концепций сохранения часовен Новгородской области на основе их типологии и анализа существующих проблем.

Материалы и методы

На основе историко-архивных и библиографических исследований составлен перечень из 184 исторических часовен Новгородской области и сопредельных территорий. Визуальное натурное обследование позволило выявить сохранившиеся объекты и определить их современный

Статья публикуется по результатам научно-исследовательской работы в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ обучающихся в СПбГАСУ в 2026 году.

градостроительный контекст. Для систематизации объектов по хронологическим, градостроительным, архитектурным, функциональным признакам и техническому состоянию применён метод классификации. Возможности реставрации приспособления часовен оценены по результатам опроса жителей и гостей Новгородской области (количество респондентов – 239 человек). Опрос проводился с применением платформы «Яндекс.Формы» с 24 по 30 апреля 2026 года в городских и поселковых сообществах Новгородской области в социальной сети «Вконтакте».

Типология часовен

В современных границах Новгородской области сохранилось 35 исторических часовен. Поскольку данная выборка недостаточна для построения репрезентативной типологии, перечень объектов был расширен. В него вошли утраченные здания, сведения о которых почерпнуты из краеведческой литературы, фотографий конца XIX — начала XX века и графических материалов, а также часовни сопредельных территорий. Расширение географии исследования обусловлено неоднократным изменением административных границ региона. Границы исторических административных образований установлены по справочнику административно-территориального деления Новгородских земель с VIII по XXI век (Рисунок 1) [13]. Всего исследованием охвачено 184 исторические часовни.

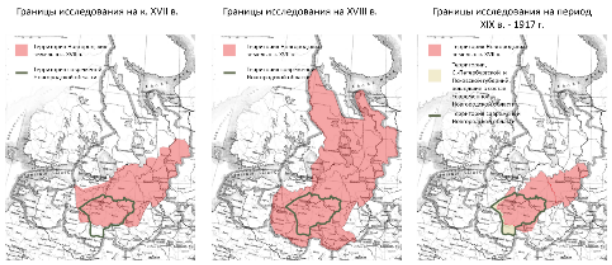


Рисунок 1 – Границы административно-территориального деления Новгородских земель с VIII по XXI век. Автор: Тимофеева Ю.В.

Систематизация проведена по хронологическим, градостроительным, архитектурным и функциональным признакам, а также по техническому состоянию и статусу использования.

Хронология. По времени возведения выделено три группы: конец XVII века — 1812 год (24 объекта); 1813–1860 годы (23 объекта); 1861–1917 годы (137 объектов). Значительное преобладание позднего периода объясняется как утратой более ранних построек, так и интенсификацией часовенного строительства на рубеже XIX–XX веков.

Градостроительное положение. В городах часовни возводили в рядовой застройке, на площадях, у транспортных объектов, на кладбищах, у церквей и монастырей, изредка - в составе крепостных сооружений. В сельской местности их размещали в застройке, на площадях, у дорог и переправ, а также на возвышенностях, у водоёмов и родников, на кладбищах и жальниках, рядом с церквями и усадьбами. Вне поселений часовни встречаются на кладбищах, в монастырях, на лугах и в лесу. В настоящее время некоторые объекты перемещены вследствие исчезновения деревень либо остались на месте упразднённых населённых пунктов; отдельные часовни перенесены в музей под открытым небом «Витославлицы».

По принадлежности к комплексу наряду с отдельно стоящими выделены пристроенные, встроенные и надстроенные часовни (например, утраченная Ильинская часовня в Старой Руссе); часовни при церкви или монастыре (часовня-усыпальница Панаевых в Иверском монастыре на Валдае); часовни при крепости (разобранная часовня при Владимирской башне Новгородского кремля).

Архитектурные характеристики. По материалу конструкций преобладают деревянные (срубные или каркасные, с обшивкой или без неё) и кирпичные (открытая кладка, окрашенная или оштукатуренная). Реже применялись кирпично-валунная и каменная кладка, тонкостенные монолитные и сборные железобетонные конструкции, листовое железо (последнее — в единичном случае, зафиксированном на сопредельной территории: усыпальница купцов Симоновых в Кирилло-Белозерском монастыре). Тонкостенный железобетон, революционная на момент возведения технология, позволявшая отлить конструкцию сложной конфигурации.

По объёмно-планировочной структуре авторами было выделено три группы: одночастные (преобладают; имеют только молельное помещение), двухчастные (имеют молельное и вспомогательное помещения), трёхчастные (единичны). Форма молельного помещения в плане: прямоугольник или квадрат (87 % объектов), восьмерик, крест. Данный признак, наряду с габаритами, в настоящее время определяет потенциал приспособления часовен под новые функции. По направлению развития объёмно-пространственной композиции выделены вертикальный, статический и горизонтальный типы развития. Завершения часовен разнообразны по форме (двускатные, клинчатые, шатровые, купольные крыши и их комбинации) и венчаниям (главы, кресты).

Стилевая принадлежность определена не для всех объектов по разным причинам. Часть из них разрушена или перестроена, часть не имеет выраженных стилевых признаков (преимущественно сельские постройки рубежа XIX–XX веков). Среди идентифицированных: классицизм, русско-византийский стиль, эклектика (включая неорусское, неороманское, неовизантийское направления), постройки в традициях народного деревянного зодчества.

Функциональные типы. По функциональному назначению выделены:

- въездные и придорожные;
- приходские и часовни-храмы, частично выполнявшие функции церкви;
- обетные и заветные (в честь избавления от недуга);
- водосвятные (на родниках);
- поженные (на заливных лугах, для сельскохозяйственных праздников);
- кладбищенские;
- мемориальные (в память о событиях, на местах явления святых, сражений и разрушенных церквей).

Техническое состояние и использование. С опорой на ГОСТ Р 56198-2014 выделено пять категорий [14]: утраченные; аварийные законсервированные; аварийные, требующие консервации; отремонтированные, нуждающиеся в реставрации; отреставрированные. Установлено, что 11 % исторических часовен утрачено, более 30 % сохранившихся находятся в аварийном состоянии, 48 % — в работоспособном, но с искажённым историческим обликом. По функциональному использованию 45 % часовен являются недействующими.

Отсутствие ярких архитектурных решений у многих из этих небольших объектов, утрата их первоначального значения в жизни общины и, как следствие, утрата функции – это малая доля проблем сохранения часовен.

Проблемы сохранения часовен

Для более глубокого анализа проблем сохранения рассмотрены 35 часовен в современных границах Новгородской области, 27 из которых нуждаются в реставрации. Выявленные проблемы сгруппированы по источнику возникновения.

Изменение градостроительной ситуации. Утрата исторической среды, вызванная исчезновением деревень, ведёт к разрушению построек, ухудшению доступа паломников и туристов, прокладка магистралей в объезд населённых пунктов лишает часовни потенциальных посетителей, а также ограничивает возможности приспособления.

Архитектурно-планировочные ограничения. Малые габариты часовен ограничивают варианты их приспособления под новые функции.

Технологическая сложность реставрации. При восстановлении часовен, построенных по передовым технологиям рубежа XIX–XX веков, возникают специфические трудности. Примером служит часовня-усыпальница князей Васильчиковых в деревне Бор Шимского района: железобетонный каркас и сложная бетонная отделка в значительной степени утрачены, при этом существующие пособия по ремонту бетонных зданий ориентированы на усиление конструкций, а не на реставрацию декора [15].

Социокультурный контекст. По результатам опроса 239 жителей и гостей Новгородской области (71 % — постоянно проживающие в регионе) установлено, что более 60 % респондентов считают инициаторами и спонсорами восстановительных работ государственные органы, и лишь 18 % — местных жителей или волонтёров. При этом 53 % признали восстановление общим делом, что свидетельствует о потенциальной готовности населения поддержать инициативы. Выявлено непонимание специфики реставрационных работ: 24 % опрошенных не видят разницы между реставраторами и строителями, 28 % допускают отказ от реставраторов при ограниченном финансировании. Респонденты продемонстрировали консервативный подход к приспособлению часовен: 39 % из них выступают за религиозное использование часовен, 30 % поддержи-

вают возможность размещения в них музейных экспозиций. Альтернативные функции, которые могли бы привлечь к памятникам внимание большего количество людей, оказались непопулярны (Рисунок 2).

Рисунок 2 – Распределение вариантов использования часовен по результатам опроса. Автор: Тимофеева Ю.В.

Организационно-правовые проблемы. Часовни региона мало изучены, сведения о них разрознены, что препятствует проведению научно обоснованных реставраций и привлечению финансирования. Часть уникальных объектов не имеет статуса объекта культурного наследия; у памятников архитектуры зачастую отсутствуют утверждённые предмет охраны, границы территории и зоны охраны. Многие часовни не имеют собственника, что не позволяет установить лицо, ответственное за их содержание.

При всех существующих проблемах часовни остаются важным элементом ландшафта как с точки зрения объемной, так и как объекты местной идентичности, то есть нематериальное их значение для данной местности так же важно.

Совокупность выявленных проблем свидетельствует о необходимости системного подхода в сохранении, сочетающего архитектурные, социокультурные и организационно-правовые меры.

Концепции сохранения

На региональном уровне приоритетными являются меры, направленные на преодоление социокультурных и организационно-правовых проблем.

Работа с населением включает три направления:

- просветительскую деятельность (лекции, выставки, образовательные программы, онлайн-ресурсы), направленную на формирование восприятия часовен как объектов универсальной ценности;
- волонтёрские мероприятия (субботники, экспедиции, шефство), снижающие риск вандализма и самовольных ремонтов;
- привлечение посетителей через событийные мероприятия (фестивали, ярмарки, концерты) на прилегающих территориях, стимулирующее экономическую активность деревень.

Организационно-правовые меры включают:

- внесение уникальных часовен в реестр объектов культурного наследия;
- утверждение предметов охраны, границ территорий и зон охраны;
- разработку регламентов ремонтных работ для исторических часовен, не имеющих статуса памятника;
- создание реестра ответственных лиц и поощрение шефства;
- учреждение грантов и субсидий для частных инициатив;
- привлечение федеральных программ и внебюджетных источников финансирования.

Стратегия сохранения конкретного объекта определяется ключевыми типологическими признаками. Архитектурно-конструктивная и объемно-планировочная типологии скорее влияют на выбор стратегии реставрации. Главным же фактором для приспособления является градостроительное положение часовни. Ниже рассмотрены возможные варианты приспособления часовен в зависимости от их градостроительного положения.

Часовни на кладбищах (усыпальницы и поминальные) имеют малые габариты и расположены на действующих кладбищах. При высокой архитектурной или мемориальной ценности возможна музеефикация с совмещением религиозной функции; при типовом характере архитектуры и значительных утратах первоначального облика — сохранение в качестве поминальной часовни с возможностью самостоятельного приобретения посетителями свечей и треб, что снижает финансовую нагрузку на собственника. Факторы, которые определяют выбор функции для кладбищенских часовен, отмечены в п.п. 1.3, 2.1 и 2.2 Рисунка 3.

Часовни у дорог. Часовни у дорог регионального и межмуниципального значения при наличии прилегающей территории могут быть приспособлены под религиозное пространство с зоной отдыха и обзорной площадкой и включены в туристические маршруты. При отсутствии территории, но близости автобусных остановок — использоваться как укрытие для пассажиров и велотуристов. Выбирать функцию следует с учётом критериев, выделенных в пункте 3 Рисунка 3. Часовни у местных дорог в труднодоступных деревнях при незаинтересованности жителей подлежат консервации до изменения ситуации.

Часовни в рядовой застройке. В малых деревнях (до 100 жителей) целесообразно сохранение религиозной функции; в более крупных — расширение функций (церковная лавка, пункт обмена книгами, приходская часовня). В городах спектр функций наиболее широк: лекторий, выставочное пространство, перепрофилирование под церковь с возможностью совмещения нескольких функций. В то же время деление на группы условно, функциональное назначение определяется анализом факторов, выделенных для пунктов 1 и 2 Рисунка 3.

Часовни вне поселений (вблизи руинированной церкви и при руинированной усадьбе) требуют первоочередного обследования, фиксации состояния и консервации. Дальнейшие меры зависят от судьбы основного объекта: часовня может выполнять функцию храма до восстановления церкви либо быть законсервирована и включена в экспозиционный маршрут при благоустройстве усадебного парка.

Включение всех исторических часовен в паломнические и туристические маршруты региона, учитывая бурный рост развития религиозного туризма в России [16], способно существенно повысить их востребованность.

По результатам исследования составлена сводная таблица вариантов функционального приспособления с дифференциацией критериев по степени влияния на выбор функции: основные, второстепенные, нейтральные (Рисунок 3).

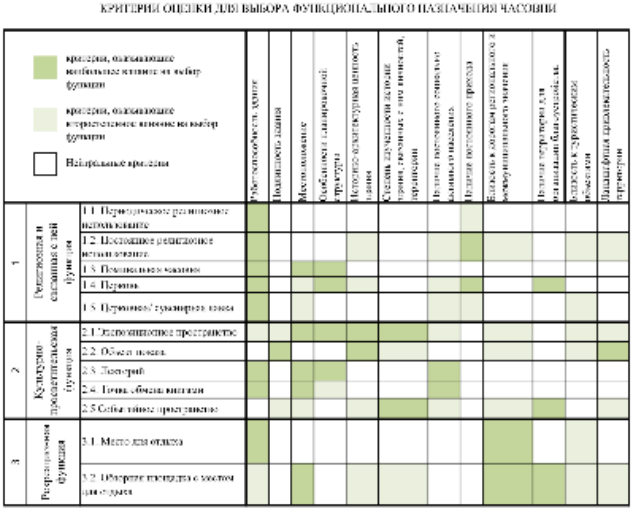


Рисунок 3 – Критерии оценки для выбора функционального назначения часовни. Автор: Тимофеева Ю.В.

Выводы

Проведённое исследование позволило:

- оценить состояние исторических часовен Новгородской области и сопредельных территорий: 11 % утрачено, более 30 % находятся в аварийном состоянии, 45 % не действуют;
- разработать типологию часовен по хронологическим, градостроительным, архитектурным и функциональным признакам, служащую основой для дальнейших изысканий;

- выявить комплекс проблем сохранения, включающий изменение градостроительной ситуации, планировочные ограничения, технологическую сложность реставрации, социокультурные и организационно-правовые факторы;
- предложить подход, сочетающий просветительские, правовые, организационные и архитектурно-реставрационные меры на региональном и объектном уровнях;
- разработать стратегии сохранения для четырёх градостроительных типов часовен (на кладбищах, у дорог, в рядовой застройке, вне поселений) с учётом их технического состояния, функционального назначения и планировочной структуры.

Реализация предложенного подхода позволит обеспечить долгосрочное сохранение часовен Новгородской области при условии комплексного решения социокультурных, организационно-правовых и архитектурно-реставрационных задач.

Литература

1. Пермиловская А.Б. Часовня в традиционной культуре Русского Севера / А.Б. Пермиловская // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – № 4. – Т.1. – С.252.
2. Фрейман Н. Придорожная часовня - пережиток древнего «погребения на столбах на путях» / Н. Фрейман // Советская этнография. – 1936. – № 3. – С.86-90.
3. Никольский К. О часовнях / К. Никольский // Прибавления к церковным ведомостям. – 1889. – № 10. – С.253.
4. Платонов Е.В. Пространственная организация деревенской округи / Е.В. Платонов // Вестник молодых учёных. Исторические науки. – СПб. – 2000. – С.334-336.
5. Красноречьев Л.Е. Народное деревянное зодчество Новгородчины [Текст] / Л.Е. Красноречьев ; науч. ред. В.А. Попов ; Новгор. гос. объединённый музей-заповедник. – Великий Новгород : [б. и.], 2012.
6. Попов В.А. Памятники деревянного культового зодчества XVI - XX вв. Новгородской области / В. А. Попов // Ежегодник Новгородского государственного объединенного музея-заповедника, 2010 / Новгородский государственный объединенный музей-заповедник ; сост., ред. Т. Н. Казармщикова. – Великий Новгород. – 2011. – С.177-185.
7. Попов В.А. Памятники деревянного культового зодчества XVI - XX вв. Новгородской области / В. А. Попов // Ежегодник Новгородского государственного объединенного музея-заповедника, 2009 / Новгородский государственный объединенный музей-заповедник ; сост., ред. Т. Н. Казармщикова. – Великий Новгород. – 2009. – С.222-229.
8. Попов В.А. Памятники деревянного культового зодчества XVI - XX вв. Новгородской области / В. А. Попов // Ежегодник Новгородского государственного объединенного музея-заповедника, 2011 / Новгородский государственный объединенный музей-заповедник ; сост., ред. Т. Н. Казармщикова. – Великий Новгород. – 2011. – С.249-261.
9. Платонов, Е.В. Сельская округа на Северо-Западе России в её духовно-историческом развитии автореферат дис. ... кандидата исторических наук : 07.00.02 / Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. — Санкт-Петербург, 2005. — 21 с.
10. Платонов Е.В. Часовни Тихвинского уезда (рубеж XIX–XX вв.) / Е. В. Платонов. – СПб. : ИЦ «Гуманитарная Академия». – 2011. — 304 с., ил.
11. Ядрышников В.А. Архитектура Старой Руссы XII - начала XX века / В.А. Ядрышников. – СПб: Альянс Архео. – 2010. – 407 с., ил.
12. Карты распространения часовен в бывшей Новгородской губернии на конец XIX-начало XX веков. – [Электронный ресурс]. – URL: https://web.archive.org/web/20061217004645if_/http://countrysite.spb.ru/Maps/Maps.htm.
13. Административно-территориальное деление Новгородской губернии и области. 1727 - 1995 гг.: Справочник. / Комитет культуры, туризма и архивного дела Новгородской области. Государственный архив Новгородской области. Сост.: О.В. Снытко (отв. сост.), Т.А. Данько, А.В. Кузнецов и др. – СПб. – 2009. – 352 с., ил.: 1 цв. ил. 1 Прил.: Новгородская губерния и область [Карты] / Сост.: И.Ю. Анкудинов. 7 к. (7 л.).
14. ГОСТ Р 56198-2014. Мониторинг технического состояния объектов культурного наследия. Недвижимые памятники. Общие требования [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/natsionalnyy_standart_rossiyskoy_federatsii_gost_r_56198_2014.pdf.
15. Методическое пособие. Ремонт и усиление железобетонных конструкций. – М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». – 2016. – 160 с.
16. Новгородская область потеряла 57 деревень в 2025 году. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mk-novgorod.ru/social/2026/01/08/novgorodskaya-oblast-poteryala-57-dereven-v-2025-godu.html.

Preservation of historical chapels of the xvii - xx centuries in the Novgorod region

Baulina E.N., Timofeeva Y.V.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

Chapels form an integral part of the historical and cultural landscape of the Novgorod region. Currently, many of them are abandoned and rapidly destroyed, which is aggravated by the lack of comprehensive research on this type of structure. The purpose of the work is to develop concepts for preserving chapels based on their typological characteristics and analysis of the causes of deterioration.

Based on the study of available sources, 184 historical chapels are systematized by urban planning, architectural, functional features and technical condition. Factors that make it difficult to preserve were identified: a change in the urban planning situation, planning restrictions, the technological complexity of the restoration, the incompleteness of legal regulation and the peculiarities of the perception of chapels by the population. It was found that 11% of the chapels were completely lost, more than 30% of those preserved are in disrepair; 45% are not used for religious purposes.

An approach is proposed that is implemented at the regional (educational work, improvement of legal status) and object levels (differentiated architectural solutions - from conservation to adaptation to new functions). As a key criterion for choosing a conservation strategy, the urban planning position of the chapel is determined, supplemented by an assessment of the technical condition, functional purpose and planning structure.

Keywords: chapel, iconic architecture, preservation problems, typology of chapels, preservation concept.

References

1. Permilovskaya A.B. Chapel in the Traditional Culture of the Russian North / A.B. Permilovskaya // Yaroslavl Pedagogical Bulletin. - 2010. - No. 4. - Vol. 1. - P. 252.
2. Freiman N. Roadside Chapel - a Relic of the Ancient "Burial on Pillars on the Roads" / N. Freiman // Soviet Ethnography. - 1936. - No. 3. - Pp. 86-90.
3. Nikolsky K. About Chapels / K. Nikolsky // Supplements to the Church Gazette. - 1889. - No. 10. - P. 253.
4. Platonov E.V. Spatial Organization of the Village District / E.V. Platonov // Bulletin of Young Scientists. Historical Sciences. – St. Petersburg. – 2000. – P.334-336.
5. Krasnorechiev L.E. Folk wooden architecture of the Novgorod region [Text] / L.E. Krasnorechiev; scientific editor V.A. Popov; Novgorod. state united museum-reserve. – Veliky Novgorod: [no record], 2012.
6. Popov V.A. Monuments of wooden religious architecture of the 16th-20th centuries in the Novgorod region / V.A. Popov // Yearbook of the Novgorod state united museum-reserve, 2010 / Novgorod state united museum-reserve; compiled and edited by T.N. Kazarmshchikova. – Veliky Novgorod. – 2011. – P.177-185.
7. Popov V.A. Monuments of wooden religious architecture of the 16th-20th centuries in the Novgorod region / V.A. Popov // Yearbook of the Novgorod State United Museum-Reserve, 2009 / Novgorod State United Museum-Reserve; compiled and edited by T.N. Kazarmshchikova. – Veliky Novgorod. – 2009. – Pp.222-229.
8. Popov V.A. Monuments of wooden religious architecture of the 16th-20th centuries in the Novgorod region / V.A. Popov // Yearbook of the Novgorod State United Museum-Reserve, 2011 / Novgorod State United Museum-Reserve; compiled and edited by T.N. Kazarmshchikova. – Veliky Novgorod. – 2011. – P.249-261.
9. Platonov, E.V. Rural district in the North-West of Russia in its spiritual and historical development abstract of dissertation... candidate of historical sciences: 07.00.02 / Russian state ped. University named after A.I. Herzen. — Saint Petersburg, 2005. — 21 p.
10. Platonov E.V. Chapels of the Tikhvin district (turn of the 19th–20th centuries) / E. V. Platonov. – Saint Petersburg: IC "Humanitarian Academy". – 2011. — 304 p., ill.
11. Yadryshnikov V.A. Architecture of Staraya Russa of the 12th - early 20th centuries / V.A. Yadryshnikov. – Saint Petersburg: Alliance Archeo. – 2010. – 407 p., ill.
12. Maps of the distribution of chapels in the former Novgorod province at the end of the 19th – beginning of the 20th centuries. – [Electronic resource]. – URL: https://web.archive.org/web/20061217004645if_/http://countrysite.spb.ru/Maps/Maps.htm.
13. Administrative-territorial division of the Novgorod province and region. 1727–1995: Handbook. / Committee for Culture, Tourism, and Archival Affairs of the Novgorod Region. State Archives of the Novgorod Region. Compiled by: O. V. Snytko (responsible compiler), T. A. Danko, A. V. Kuznetsov, and others. – St. Petersburg. – 2009. – 352 p., ill.: 1 color ill. 1 Appendix: Novgorod Province and Region [Maps] / Comp.: I.Yu. Ankudinov. 7 books (7 sheets).
14. GOST R 56198-2014. Monitoring the Technical Condition of Cultural Heritage Sites. Immovable Monuments. General Requirements [Electronic resource]. – URL: https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/natsionalnyy_standart_rossiyskoy_federatsii_gost_r_56198_2014.pdf.
15. Methodological Manual. Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures. – M: Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation. – Federal Autonomous Institution "Federal Center for Normation, Standardization, and Conformity Assessment in Construction". – 2016. – 160 p.
16. Novgorod Oblast lost 57 villages in 2025. – [Electronic resource]. – URL: https://www.mk-novgorod.ru/social/2026/01/08/novgorodskaya-oblast-poteryala-57-dereven-v-2025-godu.html.

Формирование застройки исторического центра в Царском Селе (на примере квартала, ограниченного улицами Московской, Набережной, Малой и Конюшенной)

Баулина Елена Николаевна
доцент, доцент кафедры архитектурного и градостроительного наследия, Санкт-петербургский государственный архитектурно-строительный университет, arhi-lena@mail.ru,

Павловская Влада Федоровна
бакалавр, кафедра архитектурно-градостроительного наследия, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 21000173@edu.spbgasu.ru

Статья посвящена исследованию формирования застройки исторического ядра г. Пушкина. На примере квартала, ограниченного улицами Московской, Набережной, Малой и Конюшенной определены основные этапы формирования застройки, выявлены события и явления, приведшие к утрате исторической деревянной застройки, а также дана оценка существующей планировочной системы квартала и степени её соответствия исторической планировке начала XIX века. Исследование проводилось на основании архивных источников, Актов государственной историко-культурной экспертизы и анализа картографических материалов. На конкретных примерах владельческих участков выявлены варианты трансформации застройки, определившие формирование существующей планировочной среды, окончательный облик которой сложился к началу 1990-х годов. Проведённое исследование позволяет не только зафиксировать хронологию изменений, но и продемонстрировать сложный процесс преемственности и трансформации городской среды, обусловивший текущий облик территории.

Ключевые слова: Царское Село, В. И. Гесте, планировочная структура квартала, формирование исторической застройки, историческое ядро, трансформация среды, владельческий участок.

Введение

История архитектуры и градостроительства г. Пушкина, бывшего Царского Села, изучена достаточно подробно. Одним из ключевых источников по истории застройки до настоящего времени остаётся путеводитель по Царскому Селу С. Н. Вильчковского, датируемый 1911 годом [13]. К современным фундаментальным работам относятся исследование М. А. Мощенковой и Н. А. Корниловой «Историческая застройка Царского Села» [14], опирающееся на труд Н. П. Анциферова «Пути изучения города как социального организма» [15], в котором значительное место отводилось Царскому Селу, а также монография Г. В. Семеновой «Царское Село знакомое и незнакомое» [16], содержащая обширный свод сведений о владельцах участков и истории строительства. Дополнительные аспекты застройки раскрыты в книге «Императорская Николаевская Царскосельская гимназия» [17], детально освещающей историю одного из ключевых объектов исследуемого квартала.

Наряду с опубликованными работами важнейшую источниковую базу составляют неопубликованные материалы — Акты государственной историко-культурной экспертизы (ГИКЭ) по отдельным объектам и территориям. Для данного исследования особое значение имели Акт ГИКЭ выявленного объекта культурного наследия «Усадьба А. В. Кокорева» [8], Акт ГИКЭ выявленного объекта культурного наследия «Дом У. М. Волгиной» [9], Акт ГИКЭ выявленного объекта культурного наследия «Дом Петровских (Москвиных)» [10], которые содержат систематизированные историко-архивные и натурные данные о владельческих участках и их застройке. Однако эти документы, детально характеризуя отдельные памятники, не формируют целостной картины эволюции планировочной структуры квартала.

Проведённые ранее исследования по большей части не затрагивают планировочную организацию кварталов на уровне отдельных владельческих участков. Преемственность между исторической планировочной системой и современной рассматривается на макроуровне (улицы, кварталы как целостные планировочные единицы, площади, парки), но поэтапные изменения, происходившие с каждым из владений, не изучаются. К таким изменениям относятся корректировка границ территории, трансформация пятен застройки и утрата зданий. Между тем, именно эти изменения, происходившие на уровне отдельных участков, определяли планировочную систему квартала в целом на разных этапах его существования. Без детального анализа планировочной организации квартала на уровне владельческих участков невозможно объективно объяснить современную планировочную структуру квартала, а следовательно, и оценить степень её преемственности по отношению к исторической планировке. Преемственность, в свою очередь, определяет ценность планировочной системы, а без понимания этой ценности невозможно выработать научно обоснованный подход к определению стратегии развития территории.

Исследуемый квартал выбран как показательный фрагмент исторического ядра Царского Села. К началу XIX века данная территория подлежала новой распланировке по проекту В. И. Гесте и, в дальнейшем, пережила все основные этапы градостроительной эволюции, характерные для Царского Села в целом: реализацию типовой усадебной застройки по образцовым проектам, постепенное уплотнение и замену деревянных строений каменными, утраты в результате войн и последующую застройку второй половины XX века. В границах квартала представлены участки с различными траекториями трансформаций, что позволяет на отдельном материале выявить общие закономерности формирования застройки исторического центра.

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения архитектурно-градостроительных особенностей территории, сформировавшихся в результате эволюции городского пространства под влиянием социально-исторических факторов и включающих в себя следы исторической планировочной системы. Такое изучение способствует формированию научно обоснованного подхода к определению стратегии развития территории, обеспечивающей преемственность между первоначальным градостроительным замыслом и современными потребностями общества и, как следствие, сохранение дошедших до настоящего времени следов исторической планировки.

Целью исследования является установление степени преемственности современной планировочной структуры квартала по отношению к

проектному замыслу В. И. Гесте (1808–1809) и выявление факторов, обусловивших её трансформацию.

В задачи исследования входят:

- получение общих сведений об исторической планировочной организации квартала в начале XIX века;
- изучение застройки каждого владельческого участка на разных этапах;
- сопоставление текущей планировочной организации квартала с исторической начала XIX века и выявление сохранившихся элементов;
- группировка участков по типам трансформаций и выявление общих закономерностей.

Методология и методы исследования

Методика работы построена на поэтапном изучении формирования застройки квартала на основе архивных и иконографических материалов, Актов ГИКЭ, а также опубликованных исследований по истории Царского Села. Дополнительно использовались интернет-ресурсы, содержащие сведения о застройке и организации незастроенного пространства квартала во второй половине XX века. Основными источниками послужили исторические карты с отображением застройки территории квартала с начала XIX века по настоящее время (1809, 1838, 1857, 1867, 1910, 1939, 1944, 1975 годов), материалы Российского государственного исторического архива (РГИА), а также Акты ГИКЭ по объектам, расположенным в границах исследуемого квартала [8; 9; 10]. Акты ГИКЭ позволили верифицировать картографические данные и восстановить строительную историю отдельных владельческих участков, опираясь на документированные сведения о перестройках, смене владельцев и датировках. При сопоставлении разновременных планов в качестве критериев сравнения принимались: конфигурация и площадь пятен застройки, границы владельческих участков, расположение зданий относительно красных линий, функциональное назначение построек. Следует оговорить, что карты разных лет выполнены в различных масштабах и с разной степенью детализации, в связи с чем сопоставление пятен застройки производилось с допуском на возможную погрешность картографических материалов; выводы о точном соответствии конфигураций зданий делались только при наличии дополнительных архивных подтверждений.

Результаты и обсуждение

Общие сведения о формировании застройки квартала в начале XIX века

В 1808 году по приказу Александра I уездный город София был упразднён и создан новый город Царское Село [10]. В 1808–1809 годах В. И. Гесте разработал проект генерального плана — «План урегулирования Царского Села» (Рисунок 1). В рамках градостроительных преобразований территория к северо-востоку от Екатерининского парка подлежала новой распланировке [10].

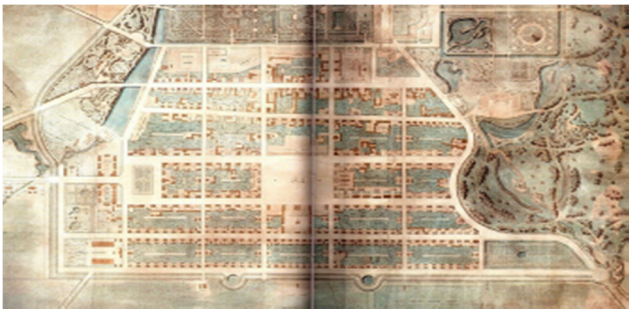


Рисунок 1– В. И. Гесте. Проект генерального плана Царского Села. 1808–1809 гг. НИМРАХ [7]

Гесте выполнил разбивку каждого квартала на владельческие участки (всего около четырехсот) со сквозной нумерацией. По оси симметрии каждого квартала проходила трасса городского водопровода. Застройку участков предусматривалось вести усадебного типа: типовые дома выводились на красную линию улицы, за ними размещались служебные постройки, в глубине участков разбивались сады. Дома строили преимущественно из дерева, на угловых участках иногда — из камня [10].

Исследуемый квартал ограничен улицами Конюшенной, Московской, Набережной и Малой (Рисунок 2, 3). Московская, Набережная и Конюшенная улицы проложены в 1808 году в соответствии с новым планом территории. Малая улица, проложенная во второй половине XVIII века, располагалась под углом к Средней улице. В начале XIX века предпринимались попытки изменить её трассировку, однако они не дали результата: Малая улица по-прежнему проходила не параллельно Средней и, соответственно, под углом к Московской. Такая трассировка сохранилась до настоящего времени [10].

Рисунок 2 – В. И. Гесте. Фрагмент проекта генерального плана Царского Села. 1808–1809 гг. НИМРАХ [7]

Рисунок 3– План Царского Села (фрагмент). Первая треть XIX века.

Архив КГИОП [6]

Трансформация застройки владельческих участков

В результате анализа картографических и архивных источников, а также материалов Актов ГИКЭ выявлено, что все владельческие участки квартала могут быть сгруппированы по типам трансформаций, определившим современную планировочную структуру.

Участки с полной утратой исторической застройки и организацией рекреационного пространства (участки № 148 и часть № 149). Согласно плану Гесте 1809 года (Рисунок 2), участок № 148 являлся угловым на пересечении Малой и Конюшенной улиц. На углу располагалось одно здание, во дворе — службы, далее сад. К 1855 году угловое здание утрачено; по красной линии Конюшенной улицы показано новое здание квадратной формы в плане (Рисунок 3). По Раскладочной ведомости 1904 года [5] на участке числились деревянный дом с помещением на чердаке, службы и сад. В 1960-х годах дом был разобран [26]; по другим данным — утрачен в годы Великой Отечественной войны [27]. Участок № 149 по плану Гесте условно разделён на три части с одним номером; в каждой из них по красной линии Малой улицы стояло по одному дому со служебными постройками. В 1993 году на месте центральной и ближней к Набережной улице частей построен дом в 4–5 этажей [21]; часть, ближайшая к Конюшенной улице, вошла в сквер. Таким образом, сквер на углу Конюшенной и Малой улиц занял территорию участка № 148 и треть участка № 149.

Рисунок 4– План города Царского Села (фрагмент). 1867 г. [19]

Участки с полной утратой исторической застройки и строительством каменных зданий во второй половине XX века (участки № 150, 151, 156 и часть № 155). По плану Гесте на участках № 150 и 151 располагались деревянные дома со службами. На картах 1855 и 1867 годов пятна застройки сохраняются неизменными (Рисунок 3, 4). По ведомости

1904 года на участках числятся деревянные дома с мезонинами и службы [5]. С 1937 года участки занимает детский сад [28], застройка которого сохранилась до настоящего времени. На участке № 156 по плану Гесте находился дом по красной линии Конюшенной улицы и три служебные постройки; к 1855 году добавлена ещё одна постройка. На карте 1944 года дом сохраняет историческое пятно застройки (Рисунок 5). В 1961 году на месте участка № 156 и второй части участка № 155 построен пятиэтажный жилой дом (ул. Конюшенная, д. 13) [25].

Рисунок 5– План РККА города Пушкин (фрагмент). 1944 г. [19]

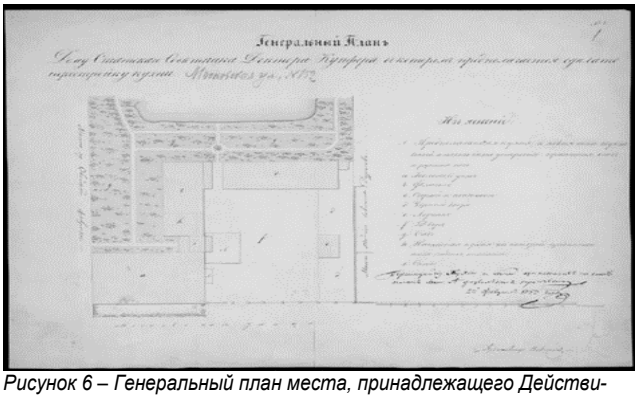


Рисунок 6 – Генеральный план места, принадлежащего Действительному Статскому Советнику Доктору Купферу. 1853 г. РГИА, ф. 485, оп. 3, д. 784 [4]. Выкопировки сделаны из источника [8]

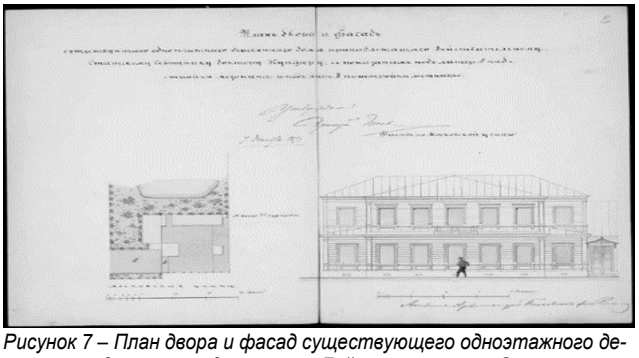


Рисунок 7 – План двора и фасад существующего одноэтажного деревянного дома, принадлежащего Действительному Статскому Советнику Доктору Купферу. 1871 г. РГИА, ф. 485, оп. 3, д. 784 [4]. Выкопировки сделаны из источника [8]

Участки с заменой деревянной застройки каменной в середине XIX — начале XX века (усадьба А. В. Кокорева и дом У. М. Волгиной). Участки № 152–154, с 1901 года объединённые А. В. Кокоревым в единую усадьбу, прошли путь от типовой деревянной застройки к каменной. Согласно материалам Акта ГИКЭ [8], участок № 152 с 1816 года принадлежал В. И. Гесте [2]; в 1853 году к дому на участке пристроены сени и кухня, в 1871 году надстроен мезонин, в 1879 году возведена прачечная (Рисунок 6–8). В 1901–1903 годах по проекту С. А. Данини каменный дом реконструирован с расширением пятна застройки. Здание усадебного дома сохранилось без изменений; службы утрачены в послевоенный период. Усадьба остаётся незастроенной (за исключением трансформаторной подстанции) и озеленённой. На участке № 155 (угол Московской и Конюшенной), после раздела 1883 года, в 1899 году купчихой У. М. Волгиной построен каменный двухэтажный дом и двухэтажные каменные службы. Согласно Акту ГИКЭ [9], старый деревянный дом был разобран, строительство осуществлялось в 1899 году, архитектор не установлен. Дом Волгиной сохранился до настоящего времени (ул. Московская, д. 47/15); в 2001 году включён в список выявленных объектов культурного наследия, в 2016 году признан объектом культурного наследия регионального значения [11]. Здание бывших служб в 1961 году реконструировано под жильё (ул. Московская, д. 49) [24].

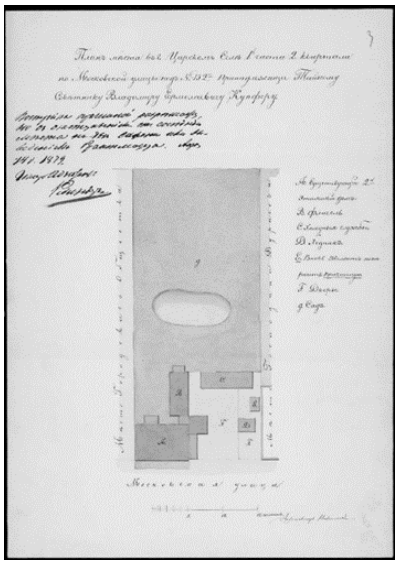


Рисунок 8 – Генеральный план места, принадлежащего Действительному Статскому Советнику Доктору Купферу. 1879 г. РГИА, ф. 485, оп. 3, д. 784 [4]. Выкопировки сделаны из источника [8]

Территория бывшей Обойной фабрики, сохранившая историческую структуру застройки благодаря смене общественных функций. Здания Фабрики ассигнационных бумаг (с 1819 г. — Царскосельской обойной фабрики) существовали до разработки Гесте новой планировки и не получили уникального номера в сквозной нумерации участков [18]. По плану Гесте на данной территории по красной линии Набережной улицы находились три каменных дома 1785 года постройки для служащих фабрики [16]; одно из них сохранилось. Осенью 1859 года Городская ратуша приобрела часть территории с существующими строениями; в 1865 году завершена перестройка старого корпуса под Городовую ратушу [13]. В 1870 году открыта Николаевская гимназия, для которой в 1866 году приспособили строившееся здание богадельни (архитектор А. Ф. Видов) [16]. В 1877 году архитектор Н. С. Никитин пристроил к гимназии симметричные флигели; в 1889–1891 годах гражданским инженером А. А. Смирновым был надстроен третий этаж и пристроен корпус для залов [16]. В 1892–1893 годах во дворе построены два деревянных лазаретных барака и баня; в 1904 году вместо сгоревшего барака возведён каменный флигель, реконструированный в 1958 году под жильё [23]. Здания Николаевской гимназии и Ратуши с 2001 года являются объектами культурного наследия федерального значения [12]. Пятна застройки на данной территории сложились к концу Великой Отечественной войны; к 1961 году сформировался облик, существующий до сих пор.

Сопоставление существующей планировочной организации квартала с исторической начала XIX века

Рисунок 9– Спутниковая съемка г. Пушкин (фрагмент). 2026 г.

Сопоставление современного состояния квартала с проектным планом Гесте 1809 года (рисунок 2, 9) показывает, что, несмотря на полную утрату деревянной застройки по типовым проектам, общая структура владельческих участков прослеживается в пятнах застройки и функциональном зонировании территории. Так, сквер на углу Конюшенной и Малой улиц в точности воспроизводит границы участка № 148 и трети участка № 149. Территория детского сада (ул. Набережная, д. 22/57) за-

нимает ровно два участка, предложенных Гесте, — № 150 и № 151. Пятиэтажный жилой дом 1961 года (ул. Конюшенная, д. 13) возведён во всю ширину участка № 156 и второй части участка № 155. Здание усадебного дома Кокорева расположено в границах исторических участков № 152–154; дом Волгиной — в границах одной из частей участка № 155. Здание по адресу ул. Конюшенная, д. 11, расположено по оси симметрии квартала, где в начале XIX века проходила трасса городского водопровода, на территории, исторически не входившей в состав владельческих участков.

Вместе с тем кадастровые границы и границы объектов культурного наследия не всегда совпадают с историческими границами владений. Так, согласно материалам Акта ГИКЭ [8], границы объекта культурного наследия «Усадьба А. В. Кокорева» значительно меньше исторических, а все служебные постройки утрачены. Одно историческое здание 1904 года (бывший каменный флигель Николаевской гимназии, реконструированный в 1958 году под жильё) не вошло в границы объекта культурного наследия «Ратуша и Николаевская гимназия» (сейчас — ул. Набережная, д. 18). Здание бывших служб при доме Волгиной (ул. Московская, д. 49) также осталось за пределами утверждённых границ объекта культурного наследия, что зафиксировано в Акте ГИКЭ [9].

Таким образом, планировочная структура квартала, заложенная В. И. Гесте, сохранилась на макроуровне — в границах квартала, трассировке улиц, общей логике разбивки на владения, — но претерпела существенные изменения на микроуровне: утрачены все деревянные постройки, изменены пятна застройки, часть исторических территорий получила новое функциональное наполнение, а формальные охранные границы не всегда учитывают сохранившиеся элементы исторической застройки.

Выводы

Проведённое исследование позволило:

- выявить основные этапы трансформации застройки квартала: реализация типовой усадебной застройки по плану Гесте (1809–1830-е); постепенная замена деревянных строений каменными и уплотнение застройки (середина XIX — начало XX века); утраты в результате войн и послевоенное строительство (1940–1960-е); современное освоение лакун (1990-е);
- определить четыре типа трансформаций: утрата застройки с организацией рекреационного пространства (характерна для послевоенного периода); утрата с последующим строительством каменных зданий во второй половине XX века (1960-е); замена деревянной застройки каменной в середине XIX — начале XX века с сохранением отдельных зданий до настоящего времени; образование лакун, сохраняющихся на сегодняшний день (участки с засыпанными фундаментами);
- установить, что, несмотря на полную утрату деревянной застройки по типовым проектам Гесте, общая планировочная структура квартала сохранилась на уровне границ владельческих участков и их укрупнённого функционального зонирования;
- выявить несоответствие между историческими границами владений и современными кадастровыми и охранными границами объектов культурного наследия, что привело к формальной утрате части исторической территории у сохранившихся зданий.

Полученные результаты демонстрируют, что детальный анализ планировочной организации квартала на уровне владельческих участков позволяет выявить механизмы преемственности планировочной структуры, не фиксируемые при рассмотрении на макроуровне, и тем самым дополняет существующие исследования по истории застройки Царского Села. Предложенный подход может быть применён при разработке стратегий сохранения и развития других кварталов исторического центра г. Пушкина во избежание утраты целостности исторических территорий.

Литература

1. Царскосельское дворцовое управление. I Устройство Царского Села. Дело о продаже домов: под № 283 губернского секретаря Дмитриеву, под №№ 153 и 154 ген. графу Апраксину, и о передаче их надворному советнику Миратворцову и от него коллежскому асессору Зиновьевой, 23 июля 1809 г. – 28 октября 1815 г. // РГИА, ф. 487, оп. 4, д. 20.
2. Царскосельское дворцовое управление. I Устройство Царского Села. Дело о пожаловании домов в Царском Селе девице Ниловой под № 99 и архитектору Гесте под № 152, 4 мая 1816 г. – 22 января 1817 г. // РГИА, ф. 487, оп. 4, д. 38.
3. Царское Село. Генеральные планы участка № 153 по Московской улице и фасад дома на нем, принадлежавших Дурасову П. Ф. и Кокоревым. Архитекторы Балашев А. Ф., Видов А. Ф., Никитин Н. С., Шатин, вторая половина XIX в. // РГИА, ф. 485, оп. 3, д. 785.
4. Царское Село. Генеральные планы участка № 152 по Московской улице и фасад дома на нем, принадлежавших Кокореву А. В., Купферу. Архитектор Никитин Н. С., 1850-е гг., 1870 г. // РГИА, ф. 485, оп. 3, д. 784.
5. Царскосельская городовая ратуша. Раскладочная ведомость налогов Царского Села за 1904 год, 1904 г. // РГИА, ф. 488, оп. 1, д. 2857.
6. Архив КГИОП.
7. Архив НИМРАХ.
8. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Усадьба А. В. Кокорева (главное здание, сад, ограда с 2 воротами)». – Санкт-Петербург : КГИОП, [2016]. – [177] с.
9. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Дом У. М. Волгиной». – Санкт-Петербург : КГИОП, [2019]. – [84] с.
10. Акт по результатам государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта культурного наследия «Дом Петровских (Москвиных)». – Санкт-Петербург : КГИОП, [2015]. – [80] с.
11. Распоряжение КГИОП от 29.06.2016 № 10-275.
12. Постановление Правительства РФ № 527 от 10.07.2001.
13. Вильчковский С. Н. Царское Село : [путеводитель]. – Санкт-Петербург : т-во Р. Голике и А. Вильборг, [1910]. – [6], 277 с., 98 л. ил., карт. – (Исторический очерк).
14. Мощеникова М. А., Корнилова Н. А. Историческая застройка Царского Села : исторический очерк градостроительного развития (XVIII – начало XX века) с иллюстрированным приложением. – Санкт-Петербург : НП-Принт : Genio Loci, 2010. – 207 с. – ISBN 978-5-91542-070-9.
15. Анциферов Н. П. Пути изучения города как социального организма. Опыт комплексного подхода. – 2-е изд., испр. и доп. – Ленинград : «Сеятель» Е. В. Высоцкого, 1926. – 150, [3] с.
16. Семенова Г. В. Царское Село знакомое и незнакомое. – 3-е изд., доп. – Москва : Центрполиграф ; Санкт-Петербург : Русская тройка-СПб, 2018. – 670, [3] с. – ISBN 978-5-227-08189-6.
17. Императорская Николаевская Царскосельская гимназия / [М. Ю. Мещанинов и др. ; сост. К. И. Финкельштейн]. – Санкт-Петербург : Серебряный век, 2008. – 148, [4] с. – (Прогулки по городу Пушкину) (Царскосельская библиотека). – ISBN 978-5-902238-44-7.
18. Цылов Н. И. Атлас города Царского Села : с планом города и императорских садов и парков, с подробным показанием улиц, переулков, казённых и обывательских домов и водопроводов. – Санкт-Петербург, 1858. – [8] с., 84 л. план.
19. Старые карты городов России и зарубежья — Ретромап : [сайт]. – URL: https://retromap.ru (дата обращения: 06.05.2026).
20. Журнал «Огонёк». 1940. № 10 // Internet Archive : [цифровая библиотека]. – URL: https://archive.org/details/1940_20231214/Огонек%201940-10/page/2/mode/2up (дата обращения: 06.05.2026).
21. Портал «Наш Санкт-Петербург» : [раздел объекта № 19684] : официальный сайт. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/19684/info/ (дата обращения: 06.05.2026).
22. Портал «Наш Санкт-Петербург» : [раздел объекта № 108537] : официальный сайт. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/108537/info/ (дата обращения: 06.05.2026).
23. Портал «Наш Санкт-Петербург» : [раздел объекта № 96312] : официальный сайт. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/96312/info/ (дата обращения: 06.05.2026).
24. Портал «Наш Санкт-Петербург» : [раздел объекта № 47923] : официальный сайт. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/47923/info/ (дата обращения: 06.05.2026).
25. Портал «Наш Санкт-Петербург» : [раздел объекта № 68280] : официальный сайт. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/68280/info/ (дата обращения: 06.05.2026).
26. Ленин на углу Малой и Конюшенной улиц в Пушкине // Смартик. Пушкин — Царское Село | Павловск : [сайт]. – 2021. – 23 сентября. – URL: https://smartik.ru/pushkin/post/147240832 (дата обращения: 06.05.2026).
27. Памятный камень, Пушкин Малая ул., 60 // Citywalls.ru : [архитектурный сайт Санкт-Петербурга]. – URL: https://www.citywalls.ru/house19412.html (дата обращения: 23.04.2026).
28. Детские ясли – Детский сад № 5, Пушкин Набережная ул., 22, Московская ул., 57 // Citywalls.ru : [архитектурный сайт Санкт-Петербурга]. – URL: https://www.citywalls.ru/house18505.html (дата обращения: 06.05.2026).

Formation of the development of the historical center in Tsarskoye Selo (using the example of a quarter bounded by Moskovskaya, Embankment, Malaya and Konyushennaya streets)

Baulina E.N., Pavlovskaya V.F.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article is devoted to the study of the formation of the development of the historical core of Pushkin. Using the example of a quarter bounded by Moskovskaya, Naberezhnaya, Malaya and Konyushennaya streets, the main stages of building formation were determined, events and phenomena that led to the loss of historical wooden buildings were identified, and an assessment was made of the existing planning system of the quarter and the degree of its compliance with the historical layout of the early 19th century. The study was carried out on the basis of archival sources, Acts of state historical and cultural expertise and analysis of cartographic materials. Specific examples of owner-owned plots revealed options for the transformation of development, which determined the formation of the existing planning environment, the final appearance of which was formed by the beginning of the 1990s. The study allows not only to record the chronology of changes, but also to demonstrate the complex process of continuity and transformation of the urban environment, which led to the current appearance of the territory.

Keywords: Tsarskoye Selo, V.I. Guest, planning structure of the quarter, formation of historical buildings, historical core, transformation of the environment, owner's plot.

References

1. Tsarskoye Selo Palace Administration. I. The Organization of Tsarskoye Selo. File on the sale of houses: No. 283 to Provincial Secretary Dmitriev, Nos. 153 and 154 to Count General Apraksin, and on their transfer to Court Councilor Miratvortsov and from him to Collegiate Assessor Zinovieva, July 23, 1809 – October 28, 1815 // RGIA, f. 487, op. 4, d. 20.
2. Tsarskoye Selo Palace Administration. I. The Organization of Tsarskoye Selo. File on the grant of houses in Tsarskoye Selo to Miss Nilova under No. 99 and to the architect Gesta under No. 152, May 4, 1816 – January 22, 1817 // RGIA, f. 487, op. 4, d. 38.
3. Tsarskoye Selo. General plans for plot No. 153 on Moskovskaya Street and the façade of the house on it, which belonged to Durasov P. F. and the Kokorevs. Architects Balashev A. F., Vidov A. F., Nikitin N. S., Shatin, second half of the 19th century // RGIA, f. 485, op. 3, d. 785.
4. Tsarskoye Selo. General plans for plot No. 152 on Moskovskaya Street and the façade of the house on it, which belonged to Kokorev A. V. and Kupfer. Architect Nikitin N. S., 1850s, 1870 // RGIA, f. 485, op. 3, d. 784.
5. Tsarskoye Selo Town Hall. Tax breakdown list of Tsarskoye Selo for 1904, 1904 // RGIA, f. 488, op. 1, d. 2857.
6. KGIOP Archive.
7. NIMRAH Archive.
8. Report on the results of the state historical and cultural examination of the identified cultural heritage site "A. V. Kokorev's Estate (main building, garden, fence with 2 gates)". - St. Petersburg: KGIOP, [2016]. - [177] p.
9. Report on the results of the state historical and cultural examination of the identified cultural heritage site "U. M. Volgina's House". - St. Petersburg: KGIOP, [2019]. - [84] p.
10. Report on the Results of the State Historical and Cultural Expertise of the Identified Cultural Heritage Site "The Petrovsky (Moskvin) House". – Saint Petersburg: KGIOP, [2015]. – [80] p.
11. KGIOP Order of June 29, 2016, No. 10-275.
12. RF Government Resolution No. 527 of July 10, 2001.
13. S. N. Vilchkovsky. Tsarskoye Selo: [guidebook]. – Saint Petersburg: R. Golike and A. Vilborg Company, [1910]. – [6], 277 p., 98 ill., maps. – (Historical essay).
14. Moshchennikova M. A., Kornilova N. A. Historical development of Tsarskoye Selo: a historical essay on urban development (18th – early 20th centuries) with an illustrated appendix. – Saint Petersburg: NP-Print: Genio Loci, 2010. – 207 p. – ISBN 978-5-91542-070-9.
15. Antsiferov N. P. Ways of studying the city as a social organism. An attempt at an integrated approach. – 2nd ed., corrected and enlarged. – Leningrad: "The Sower" by E. V. Vysotsky, 1926. – 150, [3] p.
16. Semenova G. V. Tsarskoye Selo: familiar and unfamiliar. – 3rd ed., enlarged. – Moscow: Tsentrpoligraf; Saint Petersburg: Russkaya Troika-SPb, 2018. – 670, [3] p. – ISBN 978-5-227-08189-6.
17. The Imperial Nikolaev Tsarskoye Selo Gymnasium / [M. Yu. Meshchaninov et al.; compiled by K. I. Finkelshtein]. – Saint Petersburg: Serebryanny Vek, 2008. – 148, [4] p. – (Walks around the city of Pushkin) (Tsarskoye Selo Library). – ISBN 978-5-902238-44-7.
18. Tsylov N. I. Atlas of the city of Tsarskoye Selo: with a plan of the city and imperial gardens and parks, with a detailed indication of streets, lanes, government and private houses and water pipes. – Saint Petersburg, 1858. – [8] p., 84 sheets of plan.
19. Old maps of cities in Russia and abroad — Retromap: [website]. – URL: https://retromap.ru (accessed: 06.05.2026).
20. Ogonyok Magazine. 1940. No. 10 // Internet Archive: [digital library]. – URL: https://archive.org/details/1940_20231214/Огонек%201940-10/page/2/mode/2up (accessed: 06.05.2026).
21. Our Saint Petersburg Portal: [section of object No. 19684]: official website. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/19684/info/ (date of access: 06.05.2026).
22. Portal "Our Saint Petersburg": [section of object No. 108537]: official website. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/108537/info/ (date of access: 06.05.2026).
23. Portal "Our Saint Petersburg": [section of object No. 96312]: official website. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/96312/info/ (date of access: 06.05.2026).
24. Portal "Our Saint Petersburg": [section of object No. 47923]: official website. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/47923/info/ (date of access: 06.05.2026).
25. Portal "Our Saint Petersburg": [section of object No. 68280]: official website. – URL: https://gorod.gov.spb.ru/facilities/68280/info/ (date of access: 06.05.2026).
26. Lenin on the corner of Malaya and Konyushennaya streets in Pushkin // Smar-tik. Pushkin - Tsarskoye Selo | Pavlovsk: [website]. – 2021. – September 23. – URL: https://smartik.ru/pushkin/post/147240832 (date of access: 06.05.2026).
27. Memorial Stone, Pushkin Malaya St., 60 // Citywalls.ru: [architectural website of St. Petersburg]. – URL: https://www.citywalls.ru/house19412.html (accessed: 23.04.2026).
28. Nursery – Kindergarten No. 5, Pushkin Naberezhnaya St., 22, Moskovskaya St., 57 // Citywalls.ru: [architectural website of St. Petersburg]. – URL: https://www.citywalls.ru/house18505.html (accessed: 06.05.2026).

Проблемные аспекты сохранения исторических зрелищных зданий на примере двух русских драматических театров Казани

Мусина Карина Ирековна
кандидат исторических наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, musina-karina@mail.ru,

Беденко Ираида Владимировна
старший преподаватель, Казанский (Приволжский) федеральный университет, IVBedenko@kpfu.ru

Статья посвящена проблемам реновации исторических зданий Казани – Театра юного зрителя и Большого драматического театра им. В. И. Качалова. В фокусе исследования – технологические решения, связанные с реконструкцией зрелищных сооружений, являющихся памятниками культурного наследия. Авторами рассматриваются варианты инкорпорации современного сценического оборудования в исторические интерьеры, а также соответствующие методы модернизации инженерных систем и специфика функционального зонирования. На основе личного опыта авторов, собственных научных публикаций выявляются противоречия, возникающие в ходе переустройства подобных объектов, намечаются пути их разрешения.
Ключевые слова: реновация, дизайн, Казанское купеческое собрание, Казанский ТЮЗ, Качаловский театр, историческое здание, сценическое оборудование, объект культурного наследия.

Введение

Одним из показателей качества цивилизованной среды обитания является наличие общественных пространств, в которых располагаются самые разнообразные по своему историческому и культурному значению архитектурные объекты. Среди них особое место принадлежит старинным театральным зданиям. Возникнув на почве художественно-зрелищных потребностей сообщества горожан, с течением времени они всё больше наполнялись символическими смыслами, становясь уникальными сооружениями со своей судьбой, знаковыми спектаклями, именами выдающихся творческих личностей, связанных с ключевыми событиями в жизни города. Велика их роль как выразителей стилистических предпочтений времени, полёта инженерной мысли, богатства национальных традиций, поэтому сохранение и возрождение старых театральных зданий никогда не теряло своей актуальности [15].

Проблема заключается в том, что репертуарные театральные сооружения, внешне сохраняя непреходящую художественно-архитектурную ценность, не могут соответствовать эстетическим вкусам современной публики, новым представлениям об уровне комфортности досуговой среды. В. В. Базанов, Б.Г. Бархин по этому поводу замечают, что эстетика театральных зданий формировалась под влиянием двух разнонаправленных тенденций: с одной стороны, технический прогресс диктует новые инженерные решения при модернизации технологии театра, но с другой стороны – здания-памятники имеют охранный статус, а также выделенный многосоставный предмет охраны. Данный предмет включает объемно-пространственную и планировочную структуру здания, композицию и архитектурное решение фасадов здания, декоративное оформление интерьеров [5]. Перед реставраторами вынужденно встаёт задача безболезненного прохождения между «Сциллой и Харибдой» – сохранением аутентичной архитектурной содержательной формы и внесением в неё новых компонентов и усовершенствований. Именно такую проблему пришлось решать при реконструкции 1995 года здания Театра юного зрителя в Казани.

Вопросы приспособления старых театральных зданий нашли отражение в ряде зарубежных и отечественных исследований. Триггером для написания статьи явился материал А. Белоусовой о приспособлении памятника архитектуры федерального значения, усадьбы Глебовых – Стрешневых – Шаховских для «Геликон-оперы» [7]. Необходимо упомянуть труды А. В. Анисимова, посвящённые театральным, так называемым «спрятанным зданиям» [3]. Мировой опыт проектирования и приспособления построек для исполнительских искусств изучал И. Эпплтон (Jan Appleton) [15]; гибридные подходы к проектированию театров, позволяющие адаптироваться к различным форматам, проанализировал Д. Б. Ферейра (Ferreira, D. B) [16]. Типология клубных, зрелищных зданий рассматривается в работах С. В. Луньковой и А. А. Ушкарёва [11]. Проблемы механики сцены освещаются в трудах театрального технолога В. В. Базанова [5]; [6]. Необходимо отдельно упомянуть изыскания А. А. Лебедева и О. В. Пресняковой, затрагивающих воздействие цифровых технологий на форматирование сценического пространства [10].

Целью данной работы является анализ этапов реновации исторических театральных зданий Казани в ракурсе разрешения проблемы адаптации устаревших построек к требованиям современного творческого процесса и уровня комфортности. Авторский опыт представляет определённую ценность для будущих реконструкций неспециализированных зданий, предназначенных для зрелищных искусств.

Задачи работы: проанализировать и определить специфику исторических зрелищных зданий. Сформулировать предложения по адаптации устаревших построек к требованиям современного творческого процесса.

Материалы и методы

Работа базируется на принципах объективности и системности. Применены общенаучные методы: анализ (изучение нормативных документов, научной литературы и проектных кейсов), синтез (обобщение данных), структурно-функциональный и оценочный методы дали возможность выявить потенциал обновления исторических построек.

Основная часть

Плотно застроенный центр Казани, всё общественное пространство города, сформированное уже во второй половине XIX века, вмещало

многие здания, открытые площади, зелёные скверы и сады. К ним относились Кремль, Городская дума, Городской музей, Гостиный двор, Городские театр и сад. Кроме сгоревшего в 1919 году Городского театра из зрелищных зданий, согласно «Плану Казани 1912 года» (издатель Н. И. Харитонов), сохранились Образовательный дом для служащих Алафузовского завода, Офицерский клуб Порохового завода, Военный, Дворянский, Купеческий, Новый, Шахматный клубы, а также Клуб приказчиков. Залы старых театров, построенных в золотой век индустриальной революции, занимали особое место в городской жизни, создавали горожанам ощущение психологического и социального комфорта. Отделка и фасады этих зданий демонстрировали мастерство декораторов, изящество балконов, красоту купольных интерьеров, благодаря чему данные строения позднее, во второй половине XX века были внесены в список объектов культурного наследия. В наше время ряд исторических зданий, подверглись реконструкции, в ходе которых выявились проблемы, потребовавшие теоретического осмысления.

В мировой архитектуре известны примеры восстановленных театральных сооружений, при работе над которыми были осуществлены радикальные изменения в конструкции зрительной зоны, сценического пространства и гримёрных. Джен Эпплтон (Jan Appleton) в своём исследовании «Здания для исполнительских искусств» особо выделяет трудоёмкие реконструкции бывшего кабаре «Пантаж» в Миннеаполисе (США), Оперного театра в Бостоне (США), а также театра «Альгамбра» в Брэдфорде (Западный Йоркшир, Англия) [15]. Казань является городом с богатыми культурными традициями, где успешно действуют два русских драматических театра, это Здание Восточного клуба (Купеческое собрание) и Казанский академический русский большой драматический театр имени В. И. Качалова. История строительства и реновации занимаемых ими зданий свидетельствует о сложных инженерно-технических и эстетических задачах, которые потребовали сохранения баланса между исторической аутентичностью и современной технологией. Оба здания, расположенные напротив друг друга, построенные примерно в одно время, изначально не были приспособлены для показа театральных спектаклей.

Здание Восточного клуба (Купеческое собрание) [далее Казанский ТЮЗ] обозначен в Едином государственном реестре объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации [ЕГРОКН] под номером 161711250470005 [1]. Это памятник градостроительства и архитектуры конца XIX в., 1923 г. Категория охраны: региональная; расположен по адресу Казань, ул. Островского, 10; состоит на охране согласно Постановлениям Совета Министров Республики Татарстан от 30.10. 1959 № 591; от 28.01.1993 г. № 39 (*Рис.1*).

Рис. 1. Здание Восточного клуба (Купеческое собрание). Фото Мусиной К.И.

Здание было построено в конце XIX века по заказу промышленника И. Н. Журавлева, сыновья которого в 1902 году передали сооружение городскому Купеческому собранию. Предположительно проект был выполнен архитектором П. В. Тихомировым. Скромный по архитектуре доходный дом превратился в дворец с театральной сценой, рестораном, танцевальным залом, бильярдной и другими клубными помещениями. Местная хроника сообщала, что «капитальный ремонт обошелся собранию в 20000 руб., а меблировка – в 4000 руб. (по самым скромным подсчетам)» [8].

Здесь проводились в основном заседания, на которых решались важные финансовые вопросы городского самоуправления, деловой деятельности казанских купцов и фабрикантов, но постепенно собрание превратилось в один из значимых центров общественной и культурной жизни города. В числе инициаторов привнесения европейского образа жизни в Казань были местные промышленники, учредители Купеческого клуба – И. Н. Журавлев, И. К. и Н. К. Крестовниковы. Когда не было заседаний, зал вместимостью 250 мест, трансформировался в камерную театрально-развлекательную площадку по типу кабаре, интегрированную в ресторан, где проходили выступления с танцами, вокалом, пантомимой. Публика размещалась за столиками, на которые подавались блюда и напитки [11]. Двусветный зал (с окнами на первом и втором ярусах) отличался особой атмосферой, позволяющей зрителям находиться в непосредственной близости к сцене.

В справочнике, изданном Министерством культуры Республики Татарстан «Объекты культурного наследия Республики Татарстан», приводятся сведения о дальнейшей судьбе театра: «после революции здесь открылся Дом татарской культуры-Восточный клуб, в котором размещались выставки и проходили спектакли татарской драматической труппы. Часть помещений была отделана в восточном стиле» [12].

В 1927 году к открытию Дома татарской культуры была переделана и зрительская часть. Здесь проводились конференции, общественно-политические и культурные мероприятия, устраивались выставки, лекции и концерты. В августе 1928 года на сцене Дома татарской культуры выступил А. М. Горький. К сожалению, просуществовав всего три года, учреждение было закрыто [13].

Отметим, что реконструкция 1927 года имела существенные недостатки.

По образному выражению В. В. Базанова «пафос ломки устаревшей сцены» [6, с.145] свёлся к уничтожению первоначальных интерьеров. Строители возвели сцену-коробку высотой 20 метров, заложили окна, для эвакуации зрителей по центру западного фасада устроили металлическую лестницу. Новый подковообразный балкон на десяти опорах стал перекрывать собой пространство зрительного зала. Небольшая сцена после реконструкции не получила второго кармана, поворотного круга, оркестровой ямы, а артисты вынуждены были ютиться в помещениях под сценой. Кроме того, массивная сценическая коробка, возведённая над зрительным залом, постепенно разрушила конструкции старых стен, которые не вынесли тяжести, появился критический наклон в сторону улицы, образовались сквозные трещины, под порталом сцены просел фундамент. Все последующие ремонты зрительного зала и сцены свелись к устранению последствий.

В 1935 году в здание переехал Театр юного зрителя. С этого момента усугубились проблемы технического характера. Затрагивая вопросы, касающиеся инженерной составляющей, следует упомянуть, что для создания полноценной театральной иллюзии требуется бесперебойная работа машинерии и компактное размещение оборудования, поэтому при создании проекта всегда учитывается технологическая специфика театрального процесса. Академик Г. Б. Бархин подчёркивал, что театр в ряду зрелищных сооружений, является особенно сложным объектом для проектировщиков: «На этом здании наиболее ярко познаётся синтез функциональных, конструктивных, акустических и других технических задач с художественно-композиционными и идейно-образными целями» [4, с. 128]. К тому же, целевой аудиторией стали дети, подростки, что потребовало соблюдения более жестких строительных норм и правил.

Согласно современным нормам проектирования театрально-зрелищных зданий ТЮЗов «сцена должна предоставлять широкие постановочные возможности и допускать разнообразные композиции спектакля» [2]. Данным правилам наилучшим образом соответствует базисная сцена современного театра в виде сцены-коробки, состоящей из трех частей: трюма, планшета и колосников. В таком пространстве архитекторам предстояло связать комфортным образом все технические помещения между собой: склады, столярную и слесарную механические мастерские, живописно-декорационный цех, помещения для монтажа декораций.

В данном контексте можно вспомнить пример современной московской реставрации с приспособлением под театр «Геликон-оперы», памятника архитектуры федерального значения – усадьбу Глебовых-Стрешневых-Шаховских, по поводу которой исследователь А. Белоусова задаётся вопросом: «Насколько необходимо размещение в здании памятника функции, которую оно не в состоянии вместить без искажения предмета охраны?» [7]. Очевидно, что подобного рода перестройки создавали проблемы для строителей и неудобства для творческого процесса и работы театрального коллектива.

Несмотря на объективные трудности, ТЮЗ работал и выпускал спектакли вплоть до 1995 года. Под Новый год произошло драматическое событие – пожар уничтожил 55 % здания, сгорела вся зрительская часть: сцена и зрительный зал советского периода, конструкции стен и потолков.

После пожара, при выборе оптимального метода реставрации здания-памятника в конкретной ситуации полного раскрытия конструкций, был согласован компромиссный метод реставрации. Он предусматривал сохранение одновременно подлинной основы здания и последующих архитектурных наслоений, имевших самостоятельную ценность. После некоторых раздумий специалисты уточнили проект театральной технологии, в который внесли поправки, касающиеся изменения формы верха сценической коробки и понижения её до разумной высоты. Именно таким образом были сохранены и отреставрированы Восточный и Белый

залы второго этажа с прекрасными стрельчатыми окнами, воспроизведены витражи из цветного стекла в виде плетёных мавританских восьмигранников, которые выглядели на фасаде как своеобразный национальный акцент. Учитывая функциональную необходимость устройства входной группы, сделали новый вход в театр со всей театральной атрибутикой: тремя арочными входами, балконом, башенкой с часами и шпилем с Зилантом – символом Казани, работы скульптора И. Н. Башмакова. Экстерьер здания получил уравновешенный силуэт, так как внесённые элементы дизайна «реабилитировала» массивное завершение сценической коробки.

Если говорить о технической стороне обновления театра, то после реконструкции появилась возможность усилить театральную иллюзию, добавив к механике сцены современные технологии. Теперь световая и акустическая партитуры спектаклей осуществлялись с помощью оборудования, управляемого компьютерами [10]. Отметим, что в проекте были предусмотрены лучшие условия для осуществления творческого процесса и эксплуатации технологической линии в театре, маршруты движения театрального оборудования.

Помимо технического аспекта обращает на себя внимание эстетическая сторона – возрождение художественного образа здания-памятника. При реконструкции ТЮЗа, реставраторы стремились соблюсти баланс между эстетикой старинных интерьеров и современными нормами проектирования театральных зданий, о чём свидетельствуют многотомная проектная документация, протоколы и согласования разных сторон проектировочных решений.

Внушительный объем составили чертежи архитектурного лепного декора, выполненного в натуральную величину, вручную группой архитекторов-реставраторов, в которую вошли К. И. Мусина, Н. Л. Гилязова, О. Н. Григорьева и О. Е. Рычагова. Некоторые детали растительного орнамента достигали внушительных размеров от 2,5 до 3 м. По чертежам-шаблонам мастера изготавливали модели из глины, потом переводили в гипс, делили на несколько частей и устанавливали на потолки и стены фрагментами. Таким же образом был воссоздан декор и на уличных фасадах.

Для организации внутреннего пространства был продуман сценарий передвижения зрителей по первому этажу и создана «улица», ведущая от кассового вестибюля к «площади», на которой установили объемный арт-объект – рыцарь в блестящих доспехах (легенда гласит о скульптуре, перенесённой из Александровского пассажа). В двусветном зале на втором этаже согласно проекту расположился Малый зрительный зал, воссозданный по фотографиям из старой книги [13]. Репетиционное помещение разместилось в так называемом Дубовом зале, где сохранились не тронутые огнём потолки с вызолоченным лепным декором, стены, обшитые панелями «под дуб», аутентичный камин цветного мрамора.

Можно заключить, что восстановление здания после пожара стало заметной вехой в истории Казанского ТЮЗа, поскольку здесь авторами проекта решались комплексные задачи, преодолевались трудности, связанные с разрушениями многих важных компонентов постройки и приданием «сложносочинённого» вида – современного и раритетного – архитектурному целому, в котором разворачивался по своей сути производственный процесс, нацеленный на быструю трансформацию материально-сценической композиции спектаклей.

Другой, **Казанский академический русский Большой драматический театр имени В. И. Качалова** [далее Качаловский театр], также является объектом культурного наследия (см. Постановление Совета Министров ТАССР от 30.10.1959 № 591; от 23.10.1981 № 601, Казань, Баумана ул., 48); номер по ЕГРОКН – 161410171710005 [1] (*рис.2*).

Рис. 2. Здание Казанского академического русского Большого драматического театра имени В. И. Качалова. Фото Павлова М.Н.

Это строение сначала предназначалось для проживания семейства купца А. С. Меркулова. Проект был выполнен архитектором П. В. Тихомировым в 1862 году. В 1906–1910 годах здание перестроили под театр Розенберга (на 500 мест) и стали использовать весьма многофункционально: в качестве помещения для драматических постановок и музыкально-драматических спектаклей, оперетт, кинематографа и ресторана с зимним садом.

Когда в 1938 году был положен конец театральным экспериментам, характерным для постановок В. Э. Мейерхольда, Е. Б. Вахтангова и в качестве эталонов провозглашены репертуарные спектакли Московского Художественного театра и классическая сцена-коробка [6, с.143], планировка зданий других театров по всей стране подверглась преобразованиям.

Современный интерьер театра имени Качалова был реконструирован в 1938 году по образцу зала МХТ имени А.П. Чехова. Как отмечается в справочнике «Объекты культурного наследия Республики Татарстан», здание и его пространство весьма примечательны: Главным фасадом в три этажа театр выходит на красную линию ул. Баумана. Планировка состоит из зрительного зала, сцены, колосниковой надстройки, артистических и прочих вспомогательных помещений, которые расположены в глубине квартальной застройки. Дворовые фасады не оштукатурены и лишены декора. Главный фасад с примыкающими помещениями вестибюля и фойе имеет симметричную композицию с боковыми ризалитами, осевой проездной аркой во внутренний дворик [12].

Совершенно очевидно, что Качаловский театр представляет здание, сооружённое в соответствии с принципами классицизма. Правда, оно неоднократно перестраивалось: изменения осуществлялись в 1920-е, 1930-е, 1950-е, 1960-е и 1970-е годы. Последняя реконструкция театра с реставрацией его первоначальных фасадов и интерьера, модернизацией оборудования была произведена в 2010–2014 годах, когда строители выполнили перекрытие внутреннего двора свето-прозрачной конструкцией для расширения фойе [12].

Авторам реновации здания не пришлось решать столь трудные задачи, как это было в случае с Казанским ТЮЗом, по ряду причин. Во-первых, благодаря тому, что Качаловский театр относится к «спрятанным» театрам – термин, введённый А. В. Анисимовым [3]. У подобных сооружений вся начинка размещена в глубине квартала, тогда как с улицы они выглядят как небольшие городские особняки. Здание Казанского ТЮЗа расположено по красной линии улицы и демонстрирует внешнему взгляду свою сложно протяжённую форму. Во-вторых, при реконструкции Качаловского театра в 1930-х годах был полностью переделан зрительный зал, изменён его декор, что вполне допускалось для того времени, так как объект имел общую видовую принадлежность к памятникам истории и культуры. Казанский ТЮЗ, напротив, входит в список объектов культурного наследия как памятник градостроительства и архитектуры и его фасады, а также интерьеры являются предметом охраны и находятся под защитой государства. Переделки здесь не допустимы. Архитекторам вменялось восстановить это здание по аутентичному образу Купеческого собрания, при этом модернизировав в соответствии с требованиями времени.

Можно констатировать, что в ходе времени все здания для исполнительских искусств менялись и совершенствовались [15, с.215]. Казанские театры тоже не были исключением. Оба здания имели сложную историю строительства и постоянно подвергались реновации для того, чтобы соответствовать современным нормам содержания театрально-зрелищных зданий и эстетической выразительности архитектурного облика. Однако для памятников культуры приоритетом остаётся строгая сохранность здания. Ф. М. Забирова, эксперт, высоко оценив проект реставрации Казанского ТЮЗа писала в 1996 году: «Принципиальным является не приспособление здания под современные нормы проектирования театров, а приспособление театра к зданию-памятнику». Высота сценической коробки 22 метра неприемлема как нарушающая режим регулирования застройки по проекту зон охраны памятников [14]. Необходимо отметить, что по завершению реставрационных работ по восстановлению здания театра после пожара, было заявлено о целесообразности создания еще одного зала на свободной территории соседнего домовладения. В настоящее время в театре за счет республиканского бюджета проводятся масштабные ремонтно-реставрационные работы бюджет, согласно СМИ составит более 670 млн. руб.

Выводы

Можно заключить, что театры – это не простые площадки, а тщательно продуманные пространства, где сходятся архитектура, технологии и человеческие эмоции. В отличие от обычных зданий, эти пространства должны обеспечивать динамичное взаимодействие акустики, обзорности, сценической механики и взаимодействия со зрителями, сохраняя при этом архитектурную индивидуальность [6].

Культурная политика, законодательство, ожидания заказчиков, зрительские вкусы, театральные технологии никогда не пребывают неизменными. При адаптации старинных зданий всегда важно сохранение единства культурно-исторического наследия и современного уровня комфортабельности. Опыт ремонтных работ и реконструкции двух казанских старинных театров показывает, что расширение, перестройка

помещений нуждаются в корректной оценке здания, его пригодности для дальнейшего использования и перепланировки. Необходим также и учёт исходных качественных параметров интерьеров в сравнении с их надлежащим функционированием. Старые здания, изначально построенные для своих целей, не могут бесконечно ремонтироваться, нагружаясь новыми тяжеловесными конструкциями во имя меняющихся требований культурной политики [15]. Памятники архитектуры не выдерживают конкуренции с новейшими, технологически мощными и продуманными проектами современных театров, следовательно, должны сохраняться как раритеты, а спектакли с авангардной режиссурой и цифровым технологическим обеспечением – ставиться в новых, специально спроектированных и технологически приспособленных зрелищных сооружениях.

Литература

1. Сведения из Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации: Официальный сайт Министерства культуры Российской Федерации – URL: https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn/66/476157 (дата обращения: 10.05.2026).
2. СП 309.1325800.2017 Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования (с Изменением N 1) Официальное издание. – Москва: Стандартинформ, 2018. – URL: https://docs.cntd.ru/document/556686921?section=status (дата обращения: 10.05.2026).
3. Анисимов, А.В. Новые театральные здания Москвы, XXI век (о спрятанных театрах) / А.В. Анисимов // Научный журнал «Academia. Архитектура и строительство». – 2018. № 3(сен.2018). – С. 55-65. – ISSN: 2077-9038, – URL: https://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/60. pdf (дата обращения: 10.05.2026).
4. Бархин, Б. Г. Методика архитектурного проектирования / Б. Г. Бархин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Стройиздат, 1993. — 436, [3] с. : ил. ISBN 5-274-00897-6.
5. Базанов, В. В. Техника и технология проектирования сцены / В.В. Базанов. Учебное пособие ЛГИТМИК. – Ленинград, Издательство «Искусство», 1976. – С. 363. – Текст: электронный // URL: – https://rosstage.com/pdf/tehnika_i_tehnologiya_sceny_bazanov.pdf (дата обращения: 10.05.2026).
6. Базанов, В.В. Сцена XX века. / В.В. Базанов. Учебное пособие для СПО. Издательство «Лань», 2024. – 256 с. – ISBN: 978-5-8114-9860-4, 978-5-507-49977-9. – Текст: электронный // URL: https://www.litres.ru/my-books/purchased/?otsid=6b089m4ed8emfkcfc94t6r7lc7febj0f&is_retargeting=true&c=OZON&pid=OZON&deep_link_value=litresread%3A%2F%2Fauth%2F6b089m4ed8emfkcfc94t6r7lc7febj0f%2F1196016594%2Fr%2Fmb&af_click_lookback=30&af_xp=app (дата обращения: 10.05.2026).
7. Белоусова, А. Реставрация с приспособлением усадьбы Глебовых-Стрешневых-Шаховских для «Геликон-оперы» / А. Белоусова // Журнал по архитектуре «Проект России». – 2024. № 80 – ISSN:1385-2043, – URL: https://prorus.ru/projects/restavraciya-s-prisposobleniem-usadby-glebovyh-streshnevyh-shahovskih-dlya-gelikon-opery/ (дата обращения: 10.05.2026).
8. «Волжский листок». [газета]. 1908 г., № 641.
9. Мамфорд, Л. Миф машины. Техника и развитие человечества. / Л. Мамфорд; пер. с английского Т. Азаркович, Б. Скуратов. – Москва: Логос, 2001. – 408 с. ISBN: 5-8163-0015-6.
10. Лебедев, А.А. Цифровизация в театре: проблематика и перспективы / А.А. Лебедев, О.В. Преснякова // Театральное дело: наука и практика. Сборник статей по матер. диплом. работ продюсер. фак-тов. Вып. 8. — Москва; Санкт-Петербург: РГИСИ: Издательство Чистый лист, 2024. — 252 с. – С. 181-197. ISBN 978-5-6051723-5-2, – URL: https://www.rgisi.ru/assets/files/27827/%D0%A2%D0%B5%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%D0%92%D1%8B%D0%BF.8-2024.pdf.
11. Лунькова, С. В., Ушкарев, А. А. Кабаре в России / С. В. Лунькова, А.А. Ушкарев // Театральное дело: наука и практика. Сборник статей по матер. диплом. работ продюсер. фак-тов. Вып. 8. — Москва; Санкт-Петербург: РГИСИ: Издательство Чистый лист, 2024. — 252 с. – С. 154-163. ISBN 978-5-6051723-5-2, – URL: https://www.rgisi.ru/assets/files/27827/%D0%A2%D0%B5%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%D0%92%D1%8B%D0%BF.8-2024.pdf.
12. Объекты культурного наследия Республики Татарстан: Казань. Иллюстрированный каталог / Составитель и гл. ред. А. М. Тарунов; Министерство культуры Республики Татарстан. — Москва: Издательство «НИИЦентр», 2018. — 984 с., ил. – Текст электронный // ISBN 978-5-902156-43-7, – URL: https://tehne.com/library/obekty-kulturnogo-naslediya-respubliki-tatarstan-kazan-illyustrirovannyy-katalog-moskva-2018.
13. Очерки по изучению местного края / Под ред. проф. С.П. Сингалевича и Р.Ш. Тагирова. Том I. Издательство «Труды дома татарской культуры». – Казань, 1930. – 418 с.
14. Экспертиза проекта реставрации здания бывшего Купеческого собрания (Молодёжного театра) б/н.
15. Appleton, J. Buildings for the performing arts. Second Edition Здания для исполнительских искусств / J. Appleton / Published by Elsevier Limited. –Italy, 296 p. – Текст электронный // ISBN: 978 0 7506 6835 4, – URL: Режим доступа https://ia800406.us.archive.org/10/items/BuildingsForThePerformingArts/Buildings%20for%20the%20performing%20arts.pdf (дата обращения: 10.05.2026).
16. Ferreira, D. B. Designing for the Performing Arts: Architecture as a Stage for Experience / D. B. Ferreira / Search ArchDaily part of DAAily platforms AG 2008-2026 ISSN 0719-8884 – Текст электронный // https://www.archdaily.com/1028816/designing-for-the-performing-arts-architecture-as-a-stage-for-experience (дата обращения: 10.05.2026).

Problematic aspects of preserving historic performance buildings: the example of two Russian drama theaters in Kazan

Musina K.I., Bedenko I.V.
Kazan (Volga Region) Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the renovation of historic buildings in Kazan – the Youth Theatre and the V. I. Kachalov Bolshoi Drama Theatre. The study focuses on technological solutions related to the reconstruction of performance venues, which are cultural heritage sites. The authors examine options for incorporating modern stage equipment into historic interiors, as well as appropriate methods for modernizing utility systems and the specifics of functional zoning. Drawing on the authors' personal experience and their own scientific publications, they identify contradictions that arise during the renovation of such buildings and outline ways to resolve them.

Keywords: renovation, design, Kazan Merchant Assembly, Kazan Youth Theatre, Kachalov Theatre, historic building, stage equipment, cultural heritage site.

References

1. Information from the Unified State Register of Cultural Heritage Sites (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation: Official website of the Ministry of Culture of the Russian Federation – Available at: https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn/66/476157 (Accessed: 10.05.2026).
2. BR 309.1325800.2017 Theatre and entertainment buildings. Design rules (with Amendment No. 1) Official publication. – Moscow: Standartinform, 2018. – Available at: https://docs.cntd.ru/document/556686921?section=status (Accessed: 10.05.2026).
3. Anisimov, A.V. New theater buildings in Moscow, 21st century (about hidden theaters) / A.V. Anisimov // Scientific journal "Academia. Architecture and Construction". – 2018. № 3(2018). – C. 55-65. – ISSN: 2077-9038, – Available at: https://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/60. pdf (Accessed: 10.05.2026).
4. Barkhin, B. G. Methodology of architectural design / B. G. Barkhin. - 3rd ed., revised and enlarged. - Moscow: Stroyizdat, 1993. — 436, [3] p.: ill. ISBN 5-274-00897-6.
5. Bazanov, V. V. Technique and technology of stage design / V. V. Bazanov. Study guide LGITMIK. - Leningrad, Publishing House "Art", 1976. – P. 363. – Text: electronic – Available at: – https://rosstage.com/pdf/tehnika_i_tehnologiya_sceny_bazanov.pdf (Accessed: 10.05.2026).
6. Bazanov, V. V. Scene of the 20th Century. / V. V. Bazanov. Textbook for secondary vocational education. Lan Publishing House, 2024. – 256 p. – ISBN: 978-5-8114-9860-4, 978-5-507-49977-9. – Available at: https://www.litres.ru/my-books/purchased/?otsid=6b089m4ed8emfkcfc94t6r7lc7febj0f&is_retargeting=true&c=OZON&pid=OZON&deep_link_value=litresread%3A%2F%2Fauth%2F6b089m4ed8emfkcfc94t6r7lc7febj0f%2F1196016594%2Fr%2Fmb&af_click_lookback=30&af_xp=app (Accessed: 10.05.2026).
7. Belousova, A. Restoration and adaptation of the Glebov-Streshnev-Shakhovsky estate for the Helikon Opera / A. Belousova // Journal of architecture "Project of Russia". – 2024. № 80 – ISSN:1385-2043, – Available at: https://prorus.ru/projects/restavraciya-s-prisposobleniem-usadby-glebovyh-streshnevyh-shahovskih-dlya-gelikon-opery/ (Accessed: 10.05.2026).
8. "Volzhsky Listok" [newspaper]. 1908, No. 641.
9. Mumford, L. The Myth of the Machine. Technology and the Development of Humanity. / L. Mumford; translated from English by T. Azarkovich, B. Skuratov. – Moscow: Logos Publishing House, 2001. – 408 p. ISBN: 5-8163-0015-6.
10. Lebedev, A. A. Digitalization in the theater: problems and prospects / A. A. Lebedev, O. V. Presnyakova // Theatre business: science and practice. Collection of articles on the materials of diploma works of producers' faculties. Issue 8. — Moscow; Saint Petersburg: RGISI: Chisty List Publishing House, 2024. — 252 p. – – P. 181-197. ISBN 978-5-6051723-5-2, – Available at: https://www.rgisi.ru/assets/files/27827/%D0%A2%D0%B5%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%D0%92%D1%8B%D0%BF.8– 2024.pdf.
11. Lunkova, S. V., Ushkarev, A. A. Cabaret in Russia / S. V. Lunkova, A. A. Ushkarev // Theatre business: science and practice. Collection of articles on the materials of diploma works of producers' faculties. Issue 8. — Moscow; Saint Petersburg: RGISI: Chisty List Publishing House, 2024. — 252 p. – P. 154-163. ISBN 978-5-6051723-5-2, – Available at: https://www.rgisi.ru/assets/files/27827/%D0%A2%D0%B5%D0%B0%D1%82%D1%8

Влияние выбора теннисных покрытий на формирование функционально-планировочного решения теннисных академий

Шамаева Татьяна Вячеславовна
кандидат архитектуры, доцент, Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет, shamaevatv@yandex.ru,

Боршкова Кристина Александровна
магистрант, направление «Архитектура», Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет, kborshkova@yandex.ru

Статья посвящена изучению теннисных покрытий. Проведен анализ современных сертифицированных теннисных покрытий. Рассмотрено 3 основных покрытия, которые популярны последние сто лет. Также рассмотрены особенности их ухода и их влиянию на функционально-планировочную организацию теннисных академий.
Получены следующие результаты. Для российских условий наилучший вариант - комбинированное проектирование **крытых залов, которые перекрываются всесезонным амортизирующим хардом**, а открытый летний кластер в большинстве случаев формируется из грунтовых кортов. Данные решения гарантируют круглогодичную работу академии, снижают эксплуатационные риски и сохраняют традиции отечественной школы тенниса.
Выявлена устойчивая зависимость между выбором покрытия и функционально-планировочным решением теннисных академий. Выбор покрытия – это не только классическим элементом отделки, а является первичным пунктом при планировании строительства академии. На его основе формируется пространственно-планировочное решение, в том числе, состав и объем технических помещений, интеграция инженерных сетей.
Ключевые слова. корты, грунт, хард, трава, функционально-планировочное решение, архитектура спортивно-зрелищных сооружений.

Введение

История современного тенниса начинается с 1874 года. С данного периода теннис претерпевает множество изменений от смены правил, габаритов площадок до смены покрытий, которые активно используются и в настоящее время.

Задачи, поставленные в исследовании:

- разобраться, какие покрытия существуют в данном виде спорта;
- изучить требования к каждому виду покрытия;
- рассмотреть влияние вида покрытия на формирование функционально-планировочного решения.

Теннис в последнее время набирает огромные обороты по популярности. В связи с вышесказанным и программой развития тенниса, как базового вида спорта планируется создание и развитие теннисных академий, центров по всей территории России.

Самой важной частью любого теннисного объекта является теннисный корт. Размеры площадки теннисного корта регламентируются Международной федерацией Тенниса (ITF). В зависимости от уровня проводимых соревнований на территории теннисной академии будут меняться габариты корта и также само покрытие. Выбор покрытия исходит из нескольких факторов. Самые важные - это климат и доступная площадь проектирования.

Методы и модели исследования

Анализ существующих сертифицированных покрытий. Основные покрытия в современном мире это - трава, грунт, хард. Данные покрытия являются сертифицированными. Рассмотрим подробно историю их появления и требуемый уход. И какие необходимы дополнительные помещения.

Трава. Самое первое покрытие теннисного мира. Именно на этом поле и зародилась игра. Рассмотрим какого ухода требует травяное покрытие в современном проектировании, а также рассмотрим его состав.

Верхний слой – многолетний райграс, смесь из трех сортов трав. Высота строго 8 мм. Следующий слой – плодородный игровой слой (корневая зона). Толщина слоя 200-250 мм. Состоит из специфического суглинка с жестко регламентированным содержанием глины (от 20% до 23%). Избыток глины превратит корт в грязь при дожде, а дефицит — не позволит укатать почву до каменного состояния, из-за чего отскок мяча станет непредсказуемым. Далее следует песчаный слой. Выполняет роль фильтра толщиной 100-150 мм. Предотвращает заиливание и застой воды в корневой зоне. Последние слои выполняют функцию дренажного коллектора. Многослойная подушка из гранитного щебня разной фракции, внутри которой с шагом 4–6 метров прокладываются перфорированные пластиковые дренажные трубы (рис.1). Система обязана отводить воду так, чтобы после проливного дождя корт был готов к игре через 15-20 минут.

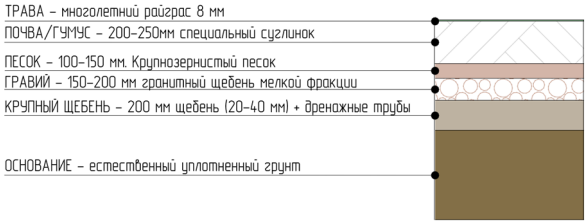


Рис 1. Конструктивные слои травяного покрытия

В структуру корта монтируется скрытая компьютерная система выдвижных форсунок. Полив осуществляется строго по графику (чаще ночью), причем датчики влажности почвы контролируют уровень насыщения корневой системы.

Для обеспечения жесткости и отскока корт ежедневно укатывается тяжелыми моторизированными катками весом от 1 до 2 тонн.

На уличных кортах, затененных массивными трибунами-чашами, и тем более в манежах используются мобильные установки искусственного солнечного света (UVA/UVB лампы на колесных фермах) и мощные вентиляторы для циркуляции воздуха, предотвращающие гниение травы.

Для проектирования травяного кластера, даже небольшого из 4-6 кортов необходим блок вспомогательных помещений:

1. Депо для хранения спецтехники: Помещение площадью не менее 150–200 кв. м для размещения парка лазерных газонокосилок, катков для укатки, аэраторов почвы, машин для нанесения известковой разметки и тракторов-кисточек.

2. Ангар-хранилище сыпучих материалов: 80-100 кв. м.Изолированные отсеки для хранения стратегического запаса сертифицированного песка, суглинка, сухих известковых смесей и семян райграса.

3. Склад агрохимии и удобрений: 30-40 кв.м. Помещение с автономной приточно-вытяжной вентиляцией повышенной мощности и системами пожаротушения для хранения гербицидов, фунгицидов и азотных макроудобрений.

4. Мастерская точильщиков и механиков: 40-50 кв. м. Специфическое помещение, где на лазерных станках ежедневно затачиваются цилиндрические ножи газонокосилок (нож должен срезать травинку идеально ровно, иначе её кончик пожелтеет, испортив колористику и оптические свойства корта)

5. Бытовой блок гринкиперов: 90-140 кв. м. Раздевалка и душевая персонала (40 кв. м), комната сушки рабочей одежды после дождя (20 кв. м), кабинет главного агронома и лаборатория анализа почвы (30–80 кв. м)

В России данный тип покрытия не рентабелен из-за климатических и экономических соображений.

Грунт. Следующее покрытие-грунт. Грунт а теннисе появился как ответ на сырой климат. В том числе, и в России. Грунтовый корт является сложной **дренажно-капиллярной гидросистемой**, требующей постоянного поддержания водно-солевого баланса.

Общая толщина конструктивного основания уличного или крытого грунтового корта европейского стандарта составляет **35–45 см**. Слои укладываются в жесткой последовательности:

Самый верхний слой – поверхностная пудра, толщиной 1-2 мм. Тончайший слой мелкодисперсной кирпичной пыли. Именно он обеспечивает идеальное скольжение подошвы кроссовка и окрашивает мяч в характерный терракотовый цвет. Следующий слой – финишная грунтовая смесь. Толщина 40-50 мм. Это основа корта, состоящая из специально сбалансированной смеси: **75–80% кирпичной крошки** (фракции 1–3 мм), **10–15% порошковой глины** (выступает как связующее вещество) и **5% гашеной извести** (для удержания влаги и предотвращения роста сорняков). Этот слой укатывается до состояния, когда он становится твердым, но сохраняет микропористость. Следующий слой необходим как проводник между мелкими фракциями верхними слоями и нижним крупным основанием, чтобы не было вдавливания. Насыпают мелкий щебень толщиной 100-150 мм. И последний слой перед основанием - дренаж из крупного щебня, укладываемого на геотекстиль толщиной 200-250 мм (рис.2). Внутри этого слоя прокладываются пластиковые перфорированные трубы, соединенные с ливневой канализацией комплекса.

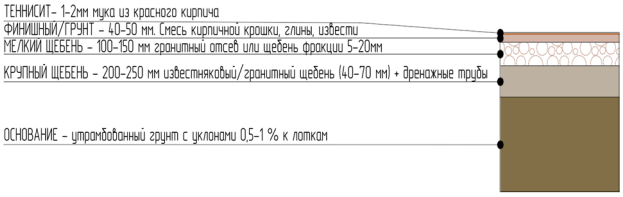


Рис 2. Конструктивные слои грунтового покрытия

Грунтовый корт требует ежечасного ухода. Главный враг грунта — пересыхание. При потере влаги глина превращается в пыль, и корт разрушается. Уличные и крытые корты оснащаются автоматическими спринклерами веерного типа. Полив осуществляется перед каждой игрой (в перерывах) и глубоко ночью. Либо использовать **инновационный подземный полив (HydroCourt).** Передовое решение для современных академий высшего уровня. Вода подается по трубам снизу, через дренажные слои, и за счет капиллярного эффекта поднимается к рабочему слою грунта. Это позволяет поддерживать идеальную влажность корта 24/7 без остановки тренировочного процесса на верхнее распыление воды.

Также корт нуждается в механической регенерации. После каждого часа игры корт необходимо выравнивать — перетаскивать по нему тяжелые сетки-волокуши (для распределения кирпичной муки) и периодически укатывать легкими катками (до 300–500 кг). Для разметки корта необходимо использовать пластиковую разметку из **ПВХ-профили белого цвета**, которые жестко вбиваются в корт специальными анкерами на глубину рабочего слоя.

Помещения необходимые для этого типа покрытий:

- **Помещение хранения запаса теннисита:** Сухой, вентилируемый склад площадью не менее 50–80 кв. м. Крошку необходимо подсыпать регулярно.
- **Депо обслуживания грунтовых кортов:** 70-90 кв.м. Помещение для хранения моторных катков, ручных волокуш, щеток для чистки пластиковых линий разметки и шлангов высокого давления.
- **Узел водоподготовки и насосная станция полива:** 50-70 кв.м. Включает накопительные резервуары для воды. Для полива грунта нельзя использовать ледяную воду напрямую из скважины или водопровода (это вызовет термошок глиняного слоя); вода должна отстояться и нагреться до температуры помещения (+18…+20°C).
- **Помещение для стирки и сушки инвентаря:** 30-40 кв.м. Грунт оставляет сильные терракотовые следы на полотенцах, ветровых фонах и элементах оборудования. В хозблоке проектируется мини-прачечная повышенной мощности с промышленными стиральными машинами.
- **Грязеочищающие тамбур-шлюзы (на переходах в чистую зону): 6 – 10 кв. м.** на один шлюз (всего около **30–50 кв. м.)** Зоны механической щетковой очистки обуви игроков на выходах из грунтовых залов.

В России данный тип покрытия популярен.

Хард. Акриловое наливное покрытие «Хард» (Hard Court) представляет собой наиболее востребованный, технологичный и экономически эффективный тип покрытия для всесезонных теннисных комплексов в Российской Федерации. В международной классификации ITF хард классифицируется по шкале скорости отскока мяча (*Court Pace Rating* — CPR) от Категории 2 (Medium-Slow / Средне-медленное) до Категории 4 (Medium-Fast / Средне-быстрое)

В условиях сурового климата России и дефицита площадей хард стал базовым материалом для закрытых залов. В отличие от «живых» покрытий (трава, грунт), хард стабилен, не требует агрономического контроля и позволяет интегрировать цифровые системы судейства.

Общая толщина конструктивного основания под хард составляет 35–50 см, но толщина самого финишного акрилового слоя измеряется в миллиметрах (от 2 до 4 мм). Критически важным требованием является идеальная ровность асфальтового или бетонного подстилающего слоя (допустимый зазор под 3-метровой рейкой — не более 3 мм).

Хард делится на два основных типа: чистый (чистый хард — 3–5 слоев акрила) и смягченный (Cushion / Кушон — от 7 до 12 слоев с резиновой крошкой). Для профессиональных академий используется исключительно смягченный хард.

Амортизационные слои (Cushion). Нанесение жидких слоев с резиновыми гранулами позволяет создать упругую матрицу. Это снижает нагрузку на суставы и позвоночник спортсменов на **25–30%**. **Финишные цветные слои** состоят из акриловых полимеров, диоксида титана и обогащенного кварцевого песка (силикатного фракционированного наполнителя). **Фракция кварцевого песка напрямую диктует скорость корта:** чем крупнее песок, тем более шероховатой становится поверхность, тем сильнее мяч тормозит при ударе о корт и тем выше и медленнее его отскок (рис.3).

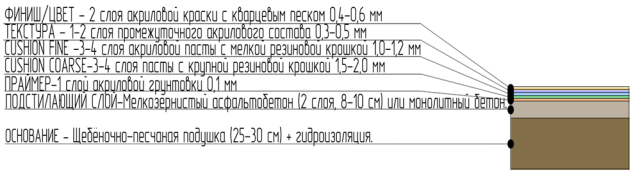


Рис 3. Конструктивные слои хардового покрытия

Хард менее капризен в эксплуатации, чем его предшественники. Но требует следующие элементы в уходе.

Жесткий температурно-влажностный режим при нанесении. В процессе нанесения (который занимает 7–10 дней) в манеже должна поддерживаться стабильная температура **не ниже +15°C и не выше +25°C**, а относительная влажность воздуха не должна превышать **60%,** иначе полимеризация акрила пройдет неравномерно, что вызовет отслоение.

Повседневный клининг. В закрытых манежах хард накапливает статическое электричество и притягивает мелкодисперсную пыль, которая забивается в шероховатую текстуру кварцевого наполнителя, делая корт скользким. Требуется еженедельная влажная уборка с помощью профессиональных поломоечных машин с мягкими дисковыми щетками без применения агрессивной химии.

Разметка. В отличие от грунта (ПВХ-линии) и травы (известь), разметка на харде наносится **специальной акриловой краской в 2 слоя** по трафаретным лентам. Линии становятся единым целым с покрытием, не

выступают над ним ни на миллиметр и имеют идентичный кортам коэффициент трения.

Необходимые дополнительные помещения для данного покрытия:

1. **Помещение для хранения клининговой техники и инвентаря: 30 – 40 кв. м.** Размещение аккумуляторных поломоечных машин, водосгонов (для уличного харда), ранцевых воздуходувок (для очистки от пыли) и моющих средств.

2.**Ремонтно-технический склад: 20–30 кв.м.** Хранение герметично запечатанных ведер с акриловым составом базовых цветов корта (для локального ремонта локальных дефектов или потертостей в зонах активного перемещения игроков у задней линии), а также запасных комплектов сеток и фурнитуры. Данное покрытие является самым популярным в России.

Сравнительный анализ всех покрытий.

Сравним и резюмируем все описанные покрытия в одной таблице и сделаем вывод по ним (табл.1):

Таблица 1.
Сравнительный анализ покрытий.

	Трава	Грунт	Хард
Категория скорости ITF	**Категория 5 (Fast — Быстрое)** Самый низкий и динамичный отскок	**Категория 1 (Slow — Медленное)**. Высокий, затяжной отскок с сильным вращением	**Категория 2–4 (Medium-Slow / Medium-Fast)** Стабильный, предсказуемый отскок
Биомеханика движений атлета	Высокое сцепление с грунтом; повышенная нагрузка на стопу при резкой смене вектора бега	**Контролируемое скольжение** подошвы кроссовка за счет поверхностной муки	Амортизация ударных нагрузок на суставы на **25–30%** за счет внутренних резиновых слоев
Общая толщина «пирога»	**60 – 80 см** (сложная многослойная почвенно-гидротехническая структура)	**35 – 45 см** (дренажно-капиллярная пористая система)	**35 – 50 см** базовое основание + **3,5 – 4,5 мм** финишный акриловый полимер
Состав функциональных слоев	100% многолетний райграс (8 мм), специфический суглинок (20–25 см), песок, двухфракционный щебень, дрены	Кирпичная мука-теннисит (1–2 мм), рабочая смесь крошки и глины (4–5 см), гранитный отсев, крупный щебень	**1-5 слои (4 мм):** акриловый топ-коут с кварцевым песком, ресёрфейсер, Cushion Fine, Cushion Coarse, праймер
Инженерные системы обеспечения	Автоматический внутрипочвенный полив, мобильные установки искусственной инсоляции (UVA/UVB), аэраторы	Веерные уличные спринклеры или встроенная капиллярная система подземного полива *HydroCourt*	Стационарные системы прецизионного климат-контроля, промышленные поломоечные LED-машины
Конструктив линий разметки	Известковая краска, наносимая жидким способом непосредственно на травинки перед каждым матчем	**ПВХ-профили белого цвета**, жестко фиксируемые анкерами в теле грунтового пирога	Специализированная акриловая краска (2 слоя), образующая монолитную плоскость с кортом
Интеграция со Smart-системами	Сложная (износ травы и изменение микрорельефа требуют частой перекалибровки камер судейства)	Средняя (выбитые игроками грунтовые ямки и пыль снижают точность оптического трекинга мяча)	**Идеальная:** 100% стабильная геометрия пола и четкие контрастные белые линии неизменны годами
Регламент повседневного ухода	Ежедневная стрижка (8 мм), аэрация почвы, внесение гербицидов, укатка катками в 1–2 тонны	Полив перед каждым часом игры, выравнивание сетками-волокушами, постоянная подсыпка теннисита	Еженедельный влажный клининг от мелкодисперсной пыли без агрессивной химии.
Потребность в площадях хозблока	**~420 – 530 кв. м** (депо техники, склады семян, суглинка, агрохимии, точильная мастерская)	**~270 – 370 кв. м** (склад биг-бэгов теннисита, насосная станция подогрева воды, спецпрачечная красной пыли)	**~50 – 70 кв. м** (компактная инвентарная комната для моющих машин и ремкомплекта ведер с акрилом)

Результаты и обсуждение

Проведя анализ теннисных покрытий и требуемому уходу, можно сделать следующие выводы об особенностях функционально-планировочного решения каждого покрытия теннисных академий.

Покрытие **Hard** является абсолютным технологическим оптимумом для всесезонных закрытых манежей в России. Требует в **5–7 раз меньше площадей хозблока** (~50–70 кв. м) по сравнению с травой или грунтом, что позволяет перенаправить дефицитные квадратные метры здания на коммерческие и медицинские зоны, повышая окупаемость объекта.

Стабильная геометрия и неизменная разметка харда делают его идеальной платформой для интеграции систем автоматического судейства.

Для российских условий научно обосновано комбинированное проектирование — **100% крытых залов перекрываются всесезонным амортизирующим хардом**, а открытый летний кластер в большинстве случаев формируется из грунтовых кортов. Это гарантирует круглогодичную работу академии, снижает эксплуатационные риски и сохраняет традиции отечественной школы тенниса.

Заключение

Проведенное исследование выявило устойчивую зависимость между выбором покрытия и функционально-планировочным решением теннисных академий.

Выбор покрытия является первичным пунктом при планировании строительства академии, а не классическим элементом отделки. Так как на его основе формируется пространственно-планировочное решение: объем технических помещений, интеграцию инженерных сетей.

Литература

1. ITF Facilities Guide : Complete Guide to the Development, Construction and Maintenance of Tennis Facilities / International Tennis Federation. — London : ITF Ltd., 2024. — 248 p. — Текст : непосредственный. *(Основной источник по габаритам, зонированию хозблоков и параметрам освещенности)*.

2. **ITF Guide to Test Methods for Tennis Court Surfaces** : Court Pace Rating / International Tennis Federation. — London : ITF Ltd., 2021. — 36 p. — Текст : непосредственный. *(Источник по классификации CPR и физике отскока мяча)*.

3. **Wimbledon: The Science Behind the Surface** / The All England Lawn Tennis Club. — London : Vision Sports Publishing, 2022. — 112 p. — Текст : непосредственный. *(Источник по 100% многолетнему райграсу, уходу за травой и заточке ножей косилок)*.

4. **СП 31-112-2004.** Физкультурно-спортивные залы. Часть 1 / Госстрой России. — Москва : ФГУП ЦПП, 2005. — 127 с. — Текст : непосредственный. *(Нормативная база для расчета площадей вспомогательных помещений, раздевалок и хозблоков (р. 13))*.

5. **СП 332.1325800.2017.** Спортивные сооружения. Правила проектирования / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. — Москва : Минстрой России, 2018. — 114 с. — Текст : непосредственный. *(Регламентирует интеграцию инженерных сетей и объемно-планировочные решения академий (р. 2))*.

6. ГОСТ Р 55529-2013. Объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных мероприятий. Методы испытаний. — Москва : Стандартинформ, 2014. — 32 с. — Текст : непосредственный. *(Параметры сцепления, ровности основания под хард (р. 9) и амортизации нагрузок (р. 11))*.

7. Техническое руководство по устройству и обслуживанию грунтовых кортов / Российский теннисный тур. — Федерация тенниса России : официальный сайт. — URL: tennis-russia.ru (дата обращения: 15.05.2026). — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. — Текст : электронный. *(Регламент выравнивания сетками-волокушами и подсыпки теннисита (р. 13))*.

8. Рекомендации по нанесению акриловых наливных покрытий «Хард» в закрытых спортивных сооружениях : методические указания по строительству. — Москва : Спортинжиниринг-Пресс, 2023. — URL: sportengineering.ru (дата обращения: 18.05.2026). — Текст : электронный. *(Температурно-влажностный режим полимеризации акрила и требования к 3-метровой рейке (рр. 9-10))*.

9. Громов, Д. Г. Инженерная подготовка и благоустройство территорий крупных спортивных комплексов : учебное пособие для вузов / Д. Г. Громов, В. Н. Козлов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-6814-0. — Текст : непосредственный. *(Источник по пластовым дренажам и подготовке оснований)*.

10. **Кириллова, Л. А.** Строительное материаловедение в индустрии спортивных сооружений: полимерные и наливные покрытия залов : учебник для бакалавриата и магистратуры / Л. А. Кириллова, И. С. Иванов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 312 с. — ISBN 978-5-534-11425-2. — Текст : непосредственный. *(Источник по послойной структуре Hard Cushion и ресёрфейсеру)*.

Influence of tennis surface selection on the functional and layout organization of tennis academies

Shamaeva T.V., Borshkova K.A.
Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article is devoted to the study of tennis surfaces. An analysis of modern certified tennis coverings has been carried out, examining three main surfaces that have remained popular over the last century. Additionally, the paper reviews their specific maintenance features and their direct impact on the functional and layout organization of tennis academies. The following results were obtained: for Russian conditions, the optimal approach is the hybrid design of indoor arenas surfaced with all-season cushioned hard courts, combined

with an outdoor summer cluster predominantly formed of clay courts. This solution guarantees the year-round operation of the academy, mitigates operational risks, and preserves the traditions of the domestic tennis school. A stable correlation has been revealed between the surface selection and the functional and layout design of tennis academies. The choice of court surface is not merely a conventional element of interior finishing, but a primary factor in planning the academy's construction. It serves as the basis for the spatial and structural layout, including the composition and volume of utility facilities, as well as the integration of engineering networks.
Keywords: courts, tennis surfaces, clay, hard, grass, functional and layout zoning, architecture of sports and entertainment facilitie.

References

1. **ITF Facilities Guide** : Complete Guide to the Development, Construction and Maintenance of Tennis Facilities / International Tennis Federation. — London : ITF Ltd., 2024. — 248 p. — Text : visual. *(The main source for court dimensions, utility block zoning, and lighting parameters)*.
2. **ITF Guide to Test Methods for Tennis Court Surfaces** : Court Pace Rating / International Tennis Federation. — London : ITF Ltd., 2021. — 36 p. — Text : visual. *(The source for CPR classification and ball bounce physics)*.
3. **Wimbledon: The Science Behind the Surface** / The All England Lawn Tennis Club. — London : Vision Sports Publishing, 2022. — 112 p. — Text : visual. *(The source for 100% perennial ryegrass, turf maintenance, and mower blade sharpening)*.
4. **SP 31-112-2004**. Physical Culture and Sports Halls. Part 1 / Gosstroy of Russia. — Moscow : FGUP CPP, 2005. — 127 p. — Text : visual. (In Russ.). *(Regulatory framework for calculating the areas of auxiliary spaces, changing rooms, and maintenance blocks (p. 13))*.
5. **SP 332.1325800.2017**. Sports Facilities. Design Rules / Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. — Moscow : Minstroy of Russia, 2018. — 114 p. — Text : visual. (In Russ.). *(Regulates the integration of engineering networks and functional-layout solutions for tennis academies (p. 2))*.
6. **GOST R 55529-2013**. Sports Facilities. Safety Requirements during Sports Events. Test Methods. — Moscow : Standartinform, 2014. — 32 p. — Text : visual. (In Russ.). *(Parameters of friction, base evenness for hard courts (p. 9), and force reduction (p. 11))*.
7. **Technical Guide for the Construction and Maintenance of Clay Courts** / Russian Tennis Tour. — Federation of Tennis of Russia : official website. — URL: tennis-russia.ru (accessed: 15.05.2026). — Access mode: for registered users. — Text : electronic. (In Russ.). *(Regulations for dragging with mesh mats and clay/tennisite top-dressing (p. 13))*.
8. **Recommendations for the Application of Acrylic "Hard" Pour Surfaces in Indoor Sports Facilities** : methodological guidelines for construction. — Moscow : Sportengineering-Press, 2023. — URL: sportengineering.ru (accessed: 18.05.2026). — Text : electronic. (In Russ.). *(Temperature and humidity regime for acrylic polymerization and requirements for the 3-meter straightedge test (pp. 9-10))*.
9. **Gromov, D. G.** Engineering Preparation and Improvement of the Territories of Large Sports Complexes : textbook for universities / D. G. Gromov, V. N. Kozlov. — Saint Petersburg : Lan, 2021. — 180 p. — ISBN 978-5-8114-6814-0. — Text : visual. (In Russ.). *(The source for subsurface drainage systems and base preparation)*.
10. **Kirillova, L. A.** Construction Materials Science in the Sports Facilities Industry: Polymer and Pour Coatings for Halls : textbook for undergraduate and graduate studies / L. A. Kirillova, I. S. Ivanov. — 2nd ed., rev. and augm. — Moscow : Yurayt Publishing House, 2023. — 312 p. — ISBN 978-5-534-11425-2. — Text : visual. (In Russ.). *(The source for the layer-by-layer structure of Hard Cushion and acrylic resurfacer)*.

Сравнительный анализ эконометрических и машинно-обучающих методов прогнозирования макроэкономических показателей

Гладких Роман Евгеньевич
аспирант, Московский университет «Синергия», gre.work@yandex.ru,

Тевяшов Михаил Михайлович
аспирант, Московский университет «Синергия», tukaramm@yandex.ru,

Селиверстов Алексей Владимирович
аспирант, Московский университет «Синергия», aseliverstov@nes.ru,

Алексеев Алексей Иванович
аспирант, Университет МИСИС, m1910256@edu.misis.ru

В статье рассматриваются ограничения чистых статистических и чистых экспертных подходов к прогнозированию макроэкономических показателей в условиях нестационарности и структурных сдвигов. Предлагается гибридная процедура, объединяющая предобработку данных на основе робастных статистических критериев, построение базового прогноза методами авторегрессии и экспоненциального сглаживания, а также последующую корректировку с применением модифицированного метода Дельфи и правила байесовского усреднения. Вводится механизм обратной связи для динамического пересчёта весов экспертов. Приводится протокол технического исследования на временных рядах розничной торговли (60–100 наблюдений). Результаты сравнения трёх сценариев (чисто статистический, чисто экспертный, гибридный) демонстрируют устойчивое снижение показателей средней абсолютной ошибки, средней абсолютной ошибки в процентах и среднеквадратической ошибки в гибридном сценарии при наличии шоковых воздействий. Делается вывод о целесообразности применения гибридного инструментария в периоды введения новых ограничений, санкционного давления и макроэкономической турбулентности.

Ключевые слова: эконометрическое прогнозирование, машинное обучение, гибридные модели, метод Дельфи, байесовское усреднение, робастная предобработка, структурные сдвиги, экспертные корректировки, розничная торговля, макроэкономические показатели.

Введение

Задача прогнозирования макроэкономических показателей, таких как валовой внутренний продукт, индекс потребительских цен, объём розничной торговли или уровень безработицы, является одной из центральных в системе государственного стратегического планирования и корпоративного риск-менеджмента. На современном этапе развития экономической науки сформировалось два методологически различных подхода к решению этой задачи. Первый опирается на эконометрические модели и методы машинного обучения, которые используют исторические данные для выявления устойчивых статистических закономерностей. Второй базируется на экспертных оценках, где прогноз формируется как результат коллективного или индивидуального суждения специалистов, обладающих отраслевой и конъюнктурной информированностью.

Однако практика прогнозирования в условиях российской экономики, характеризующейся периодическими структурными сдвигами, внешними шоками, изменением нормативно-правовой базы и волатильностью институциональной среды, обнаруживает существенные ограничения каждого из этих подходов при их изолированном применении. В связи с этим актуальной научно-прикладной задачей является разработка и валидация гибридных процедур, позволяющих компенсировать слабости чистых методов за счёт их разумного сочетания. Настоящая статья представляет такую процедуру, включающую четыре последовательных этапа, и приводит результаты её технической реализации на реальных данных.

Материалы и методы исследования

Эмпирической базой послужил помесячный ряд розничной торговли одного из российских регионов (60–100 наблюдений). Исследование выполнено в формате ретроспективного прогнозирования: обучение на первых 50–80 точках, прогноз на последующие периоды с известными фактическими значениями. На этапе предобработки применялись Z-оценка (аномалия при модуле более трёх) и межквартильный размах. Базовый статистический прогноз реализован на Python (statsmodels) с использованием модели ARIMA и экспоненциального сглаживания Холта-Уинтерса. Экспертные корректировки имитировались тремя правилами: пессимист, оптимист и эксперт, учитывающий событие. Сравнивались три сценария: чисто статистический, чисто экспертный и гибридный. Оценка точности проводилась по метрикам MAE, MAPE и RMSE.

Результаты и обсуждения

Чистые статистические методы, к которым относятся модели авторегрессии, скользящего среднего, авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, а также более сложные алгоритмы машинного обучения (случайный лес, градиентный бустинг, нейронные сети), предъявляют жёсткие требования к качеству и структуре входных данных. Первым и наиболее значимым ограничением является необходимость наличия длинных однородных временных рядов. Под однородностью здесь понимается отсутствие изменений в механизме генерации данных на всём протяжении ретроспективного периода. На практике это требование редко выполняется для российских макроэкономических рядов, особенно на интервалах от шестидесяти до ста наблюдений (помесячные данные за пять-восемь лет). Любая реформа методологии расчёта показателя, изменение налогового законодательства, введение контрсанкций или резкая смена денежно-кредитной политики приводят к нарушению стационарности и однородности[1].

Второе ограничение связано с чувствительностью чистых статистических моделей к структурным сдвигам. Под структурным сдвигом в экономике понимается одномоментное или краткосрочное изменение параметров системы, которое не может быть описано в рамках ранее выявленных трендов и сезонных компонент. Примеры таких сдвигов: резкое падение курса национальной валюты, введение внешнеторговых эмбарго, пандемийные ограничения, мобилизационные мероприятия. В этих условиях прогнозы, полученные на основе расширенной авторегрессии или методов машинного обучения, обучавшихся на докризисных данных, систематически смещаются, а доверительные интервалы неоправданно сужаются. Модель продолжает «видеть» старый режим функционирования системы, тогда как реальный режим уже изменился[2].

Третье ограничение касается проблемы мультиколлинеарности и переобучения при использовании большого числа предикторов. В макроэкономических исследованиях нередко возникает соблазн включить в модель десятки потенциальных факторов: промышленное производство, индекс доверия потребителей, ставки по кредитам, ценовые индексы производителей, мировые цены на сырьё и т.д. Однако на коротких выборках (60–100 наблюдений) такие модели становятся неустойчивыми, их прогнозная сила вне выборки резко падает. Методы регуляризации (Lasso, Ridge) лишь частично решают проблему, но не устраняют фундаментальную уязвимость перед структурными разрывами, поскольку все регуляризованные оценки всё равно опираются на предположение о стационарности и стабильности связей.

Альтернативой статистическому подходу выступают экспертные методы — от индивидуальных прогнозов руководящих органов до метода сценариев, комиссий и метода Дельфи. Однако их изолированное применение сопряжено с серьёзными недостатками. Ключевой из них — субъективизм. Даже высококвалифицированный эксперт неизбежно привносит в прогноз когнитивные искажения: опору на недавние события, избыточную уверенность, консерватизм либо склонность к драматизации сценариев. Отсутствие формализованной верификации экспертного мнения не позволяет отделить обоснованное суждение от интуитивной догадки, что делает прогноз уязвимым для манипуляций и группового мышления.

Слабая воспроизводимость результатов — ещё одна существенная проблема. Один и тот же эксперт при повторном опросе через несколько недель может дать принципиально иные оценки даже при неизменной исходной информации. В групповой работе воспроизводимость зависит от процедурных факторов: порядка высказываний, личности модератора, формы голосования (анонимное или открытое). В нормативно-правовом поле Российской Федерации, в частности в Федеральном законе «О стратегическом планировании в Российской Федерации», закреплены требования к обоснованности и проверяемости прогнозов, что плохо согласуется с неформализуемой экспертизой. Наконец, количественная оценка точности экспертного прогноза задним числом крайне затруднена. Статистическая модель даёт чёткие метрики ошибок (средняя абсолютная ошибка, среднеквадратическая ошибка, средняя абсолютная ошибка в процентах), тогда как для экспертного заключения такая метрология не определена, что осложняет сравнение разных экспертов и методик. Кроме того, экспертные методы страдают системной инерцией: они медленно реагируют на поступление новой объективной информации, поскольку человек усваивает данные постепенно, с запаздыванием[2].

Для преодоления описанных ограничений разработана гибридная процедура прогнозирования, объединяющая сильные стороны статистического и экспертного подходов при нивелировании их слабостей[3].

На этапе предобработки данных и выявления аномалий исходный временной ряд макроэкономического показателя (например, помесячного объёма розничной торговли региона) очищается от выбросов и артефактов с помощью двух взаимодополняющих критериев: Z-оценки и межквартильного размаха. Z-оценка рассчитывается как отношение отклонения наблюдения от среднего арифметического к стандартному отклонению; аномальными признаются наблюдения с модулем Z-оценки, превышающим три. Межквартильный размах — это разность между третьим и первым квартилями распределения; выбросами считаются значения, выходящие за пределы интервала от первого квартиля минус полуторакратный межквартильный размах до третьего квартиля плюс полуторакратный межквартильный размах. Аномалии не удаляются механически, а лишь идентифицируются для последующего анализа причин: если аномалия вызвана единовременным событием (сбой учёта, природный катаклизм), она корректируется или исключается; если же она сигнализирует о структурном сдвиге, информация передаётся на следующий этап[4].

Далее строится базовый статистический прогноз. После очистки ряда применяются классические эконометрические модели, устойчивые в условиях умеренной нестационарности: модель авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA) и модель экспоненциального сглаживания Холта-Уинтерса с аддитивной либо мультипликативной сезонностью. Выбор спецификации осуществляется по минимуму информационного критерия Акаике или Байесовского критерия. Прогноз строится на горизонт от одного до шести месяцев. Техническая реализация выполняется на языке Python с библиотекой statsmodels. На этом этапе экспертная информация не используется, что обеспечивает объективную воспроизводимость начальной точки.

Затем производится корректировка прогноза экспертными суждениями с применением метода Дельфи и правила байесовского усреднения. Привлекается группа из трёх-пяти экспертов (аналитики министерств, сотрудники научных организаций, практикующие экономисты), каждый из которых предлагает свою версию корректировки базового прогноза. В техническом исследовании экспертные корректировки имитируются разумными правилами: «пессимист» занижает прогноз пропорционально исторической волатильности в кризисные периоды, «оптимист» завышает исходя из допущения о быстром восстановлении, а «эксперт, учитывающий событие» вносит точечную поправку, связанную с конкретным шоком (например, введением ограничений)[5, 6].

Процедура корректировки организована по модифицированному методу Дельфи. В первом туре каждый эксперт независимо предлагает корректирующий коэффициент или абсолютную поправку. Затем вычисляются медиана и межквартильный размах, и экспертам предъявляется агрегированная информация без раскрытия авторов. Во втором туре эксперты могут пересмотреть свои оценки, приблизив их к консенсусу, либо аргументированно отстоять первоначальную позицию. Итоговый прогноз получается не простым усреднением, а по правилу байесовского усреднения: веса экспертов обратно пропорциональны дисперсии их предыдущих ошибок. Большее доверие получает тот эксперт, чьи корректировки в прошлые периоды чаще снижали прогнозную ошибку. Математически это соответствует байесовскому подходу, где начальное равномерное распределение весов уточняется на основе накопленных данных о точности каждого эксперта. Завершающий этап — обратная связь, расчёт расхождений и уточнение весов экспертов. После получения фактического значения прогнозируемого показателя система автоматически вычисляет абсолютную ошибку прогноза для каждого эксперта и для гибридной модели в целом, после чего пересчитываются веса экспертов для будущих раундов. Механизм обратной связи реализует принцип адаптивного обучения: эксперт, чьи корректировки систематически снижают ошибку базового статистического прогноза, получает растущий вес, тогда как эксперт, чьи вмешательства ухудшают точность, постепенно маргинализируется[7].

Работоспособность гибридной процедуры проверена на реальных данных помесячного объёма розничной торговли одного из регионов РФ (60–100 наблюдений). Этот показатель чувствителен к изменениям доходов населения, инфляционных ожиданий и внешних шоков. Исследование выполнено в формате ретроспективного прогнозирования: модель обучалась на первых 50–80 точках, прогноз строился на последующие периоды с известными фактическими значениями, что позволило вычислить объективные метрики ошибок[8, 9].

Базовый статистический прогноз реализован на Python (statsmodels). После предобработки данных (Z-оценка, межквартильный размах) подобрана модель ARIMA с сезонностью 12 месяцев и мультипликативная модель Холта-Уинтерса, показавшая лучшее качество на обучении. Экспертные корректировки имитировались тремя правилами. Пессимист снижал прогноз на величину среднеквадратического отклонения остатков в прошлые кризисные эпизоды. Оптимист повышал прогноз на половину этой величины. Эксперт, учитывающий событие, вводил точечную поправку, связанную с гипотетическим шоком (санкции, изменение ключевой ставки). Все корректировки базировались только на информации, доступной на момент прогнозирования. Сравнивались три сценария: только статистика (ARIMA или экспоненциальное сглаживание без экспертных вмешательств), только эксперты (классический метод Дельфи без статистической опоры) и гибридный (полная четырёхэтапная процедура)[10].

Таблица 1
Сравнение метрик точности прогнозирования по трём сценариям

Сценарий	Режим	MAE, млн руб.	MAPE, %	RMSE, млн руб.
Чисто статистический (ARIMA + Холт-Уинтерс)	Стабильный	120	3,2	155
Чисто статистический	Шоковый	540	14,5	710
Чисто экспертный (классический метод Дельфи)	Стабильный	210	5,8	290
Чисто экспертный	Шоковый	390	9,2	610
Гибридный (предлагаемая процедура)	Стабильный	115	3,0	148
Гибридный	**Шоковый**	**270**	**7,8**	**390**

Для каждого сценария рассчитаны MAE, MAPE и RMSE. На стабильных участках ряда чистая статистика ожидаемо даёт наименьшие ошибки, а чистые эксперты — ошибки в 1,5–2 раза выше из-за избыточной реакции на колебания.

При структурном сдвиге (моделировалось резкое падение розничной торговли на 5–7% за месяц) картина меняется. Ошибка чистой статистики возрастает в 3–5 раз, поскольку модель экстраполирует прежний тренд. Эксперты адаптируются лучше, но их прогнозы страдают высокой дисперсией (MAPE на уровне 15–20%). Гибридный сценарий даёт наилучшие результаты в условиях шока. Базовый статистический прогноз фиксирует «нормальное» продолжение ряда, экспертные корректировки вносят поправку на событие, байесовское усреднение повышает веса наиболее точных в прошлом экспертов, а обратная связь быстро перераспределяет веса. В шоковый период MAE для гибридной модели на 30–40% ниже, чем для чистой статистики, и на 20–30% ниже, чем для чистых экспертов. MAPE снижается до 8–11%, что удовлетворительно для турбулентных условий. Для чисто экспертного сценария RMSE заметно выше MAE, что указывает на наличие крупных выбросов в оценках. Гибридная процедура сглаживает эти выбросы за счёт байесовского усреднения, придающего малый вес экстремальным мнениям[11, 12].

Выводы

Таким образом, проведённое исследование подтверждает, что ни чистые статистические, ни чистые экспертные методы в отдельности не обеспечивают приемлемой точности прогнозирования макроэкономических показателей в условиях структурных сдвигов и шоков. Предложенная гибридная процедура, объединяющая робастную предобработку данных, базовое эконометрическое моделирование, корректировку прогноза по модифицированному методу Дельфи с байесовским усреднением и механизм обратной связи для адаптивного пересчёта весов экспертов, демонстрирует устойчивое снижение всех метрик ошибки (MAE, MAPE, RMSE) в периоды турбулентности. Гибридный инструмент позволяет компенсировать инерционность статистических моделей и субъективность экспертных оценок, обеспечивая более высокую надёжность и воспроизводимость прогнозов. Рекомендуется к внедрению в практику государственного стратегического планирования и корпоративного риск-менеджмента, особенно в периоды действия санкционных ограничений и макроэкономической нестабильности.

Литература

1. Н. А. Кондратенко, А. В. Батищев, А. С. Чепрасова МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ VS ЭКОНОМЕТРИКА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ // ЕГИ. 2025. №2 (58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-vs-ekonometrika-metodologicheskiy-analiz-ekonomicheskogo-prognozirovaniya (дата обращения: 29.04.2026).
2. Смирнов С.В. Методы машинного обучения в макроэкономическом прогнозировании: предварительные итоги. Вопросы экономики. 2025;(10):131-154.
3. Матыцын, А. В. Применение LSTM-модели к прогнозированию CPI и уровня инфляции на примере России / А. В. Матыцын // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1241-1252.
4. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ // Фундаментальные исследования. 2015. № 12-2. С. 406-411.
5. Пантелеева А.И. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ: РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ // Вестник науки №1 (82) том 2. С. 1108 - 1113.
6. Гюльахмедова Н. З. Сравнительный анализ традиционных методов прогнозирования и методов машинного обучения // Актуальные исследования. 2025. №14 (249). Ч.I. С. 11-15.
7. Белова, Т. А. Эконометрическое моделирование и прогнозирование макроэкономических показателей внешней торговли / Т. А. Белова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — С. 401-404.
8. Аджиева А.А. Методы машинного обучения в прогнозировании урожайности сельхозкультур / А.А. Аджиева, В.А. Шаповалов, А.М. Беккиев [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — №12 (162). — URL: https://research-journal.org/archive/12-162-2025-december/10.60797/IRJ.2025.162.119 (дата обращения: 29.04.2026).
9. Ануфриева А.П. Разработка и развитие математических и эконометрических моделей анализа макроэкономических процессов (в т.ч. в исторической перспективе) и их прогнозирования. Вестник университета. 2024;(8):119-127.
10. Stock J.H., Watson M.W. Why Has U.S. Inflation Become Harder to Forecast? // Journal of Money, Credit and Banking. – 2007. – № 1. – p. 3-33.
11. Szafranek K. Bagged Artificial Neural Networks in Forecasting Inflation: An Extensive Comparison with Current Modelling Frameworks // NBP Working Paper. – 2017.

Comparative analysis of econometric and machine learning methods for forecasting macroeconomic indicators

Gladkikh R.E., Tevyashov M.M., Seliverstov A.V., Alekseev A.I.
Moscow University "Synergy", MISIS University

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the limitations of pure statistical and pure expert approaches to forecasting macroeconomic indicators in conditions of instability and structural shifts. A hybrid procedure is proposed that combines data preprocessing based on robust statistical criteria, the construction of a basic forecast using autoregression and exponential smoothing methods, as well as subsequent adjustments using the modified Delphi method and the Bayesian averaging rule. A feedback mechanism is introduced for dynamically recalculating expert weights. The protocol of a technical study on retail time series (60-100 observations) is presented. The results of comparing three scenarios (purely statistical, purely expert, hybrid) demonstrate a steady decrease in the indicators of the average absolute error, the average absolute error in percentages and the standard error in the hybrid scenario in the presence of shocks. It is concluded that it is advisable to use hybrid tools during periods of new restrictions, sanctions pressure and macroeconomic turbulence.

Keywords: econometric forecasting, machine learning, hybrid models, Delphi method, Bayesian averaging, robust preprocessing, structural shifts, expert adjustments, retail, macroeconomic indicators.

References

1. N. A. Kondratenko, A.V. Batishchev, A. S. Cheprasova Mechanical training in radio engineering: methodological analysis of radio engineering progress // EGI. 2025. NO. 2 (58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-vs-ekonometrika-metodologicheskiy-analiz-ekonomicheskogo-prognozirovaniya (accessed: 04/29/2026).
2. Smirnov S.V. Machine learning methods in macroeconomic forecasting: preliminary results. Economic issues. 2025;(10):131-154.
3. Matytsyn, A.V. LSTM models Applied to forecasting consumer prices and inflation rates on the example of Russia / A.V. Matytsyn // Issues of innovative economics. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – PP. 1241-1252.
4. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. VARIOUS APPROACHES TO MODELING AND FORECASTING MACROECONOMIC PROCESSES // Fundamental Research. 2015. NO. 12-2. PP. 406-411.
5. Panteleeva A.I. Application of machine learning technologies for forecasting macroeconomic indicators: development and optimization of algorithms // Bulletin of Science No. 1 (82) volume 2. pp. 1108-1113.
6. Glamedova N. Z. Government analysis of traditional forecasting methods and methods of mass education // Actual research. 2025. No. 14 (249). pp.11-15.
7. Belova, T. A. Econometric modeling and forecasting of macroeconomic indicators of foreign trade / T. A. Belova. — Text : direct // Young scientist. — 2016. — № 6 (110). — Pp. 401-404.
8. Adzhieva, A.A. Methods of mechanical impact on the environment in agriculture / A.A. Adzhieva, V.A. Shapovalov, A.M. Bekkiev [et al.] // International Scientific Research Journal. — 2025. — №12 (162). — URL: https://research-journal.org/archive/12-162-2025-december/10.60797/IRJ.2025.162.119 (date of access: 04/29/2026).
9. Anufrieva A.P. Development and development of mathematical and econometric models for the analysis of macroeconomic processes (including in the historical perspective) and their forecasting. Bulletin of the University. 2024;(8):119-127.
10. Stock J.H., Watson M.W. Why has inflation in the United States become more difficult to predict? // Journal of Money, Credit and Banking. - 2007. – No. 1. – pp. 3-33.
11. Safranek K. The use of artificial neural networks in inflation forecasting: detailed comparison with existing modeling systems // NBP. – 2017 working paper.

О ревитализации объектов культурного наследия (на примере дачи Безобразовой в Санкт-Петербурге)

Гордеева Татьяна Евгеньевна
к.т.н., доцент, доцент кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений, Самарский государственный технический университет, kafedra_cen@mail.ru,

Башкирова Елена Александровна
аспирант, старший преподаватель кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений, Самарский государственный технический университет, kafedra_cen@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы и перспективы ревитализации объектов культурного наследия (ОКН), находящихся вне активного использования, путём их приспособления под современные гостиничные функции. Актуальность исследования обусловлена высокой долей ОКН, находящихся в неудовлетворительном состоянии, и необходимостью их вовлечения в хозяйственный оборот. На примере усадьбы «Жерновка» (дача Безобразовых) в Санкт-Петербурге, памятника архитектуры федерального значения конца XVIII века, анализируются архитектурные особенности объекта, его историко-культурный потенциал, правовые, инвестиционные и организационные аспекты создания малого отеля усадебного типа. Подчеркивается значимость проекта не только с позиции сохранения исторической среды, но и как перспективного направления развития городской инфраструктуры, отвечающего принципам устойчивости и экономической целесообразности. Предложена гостиничная концепция использования ОКН, сочетающая ограниченный номерной фонд и событийную функцию на базе парадных интерьеров. Выполнена укрупнённая оценка капитальных затрат с детализацией по укрупнённым блокам, определена целевая модель окупаемости на основе прогнозных параметров загрузки и структуры выручки. Делается вывод о высокой инвестиционной привлекательности подобных проектов и их роли в укреплении культурной идентичности города при условии соблюдения охранных требований.

Ключевые слова: ревитализация, объект культурного наследия, адаптивное использование, усадьба «Жерновка», малый отель, событийный туризм, инвестиции, правовые риски, устойчивое развитие.

Введение

В условиях устойчивого роста внутреннего туризма и ограниченности бюджетного финансирования сохранения объектов культурного наследия (ОКН) в России остро встаёт вопрос о поиске экономически эффективных моделей их использования. По данным Агентства стратегических инициатив, в нашей стране насчитывается около 20 тыс. ОКН с инвестиционным потенциалом, тогда как мерами региональной поддержки сегодня охвачено менее 1% такого фонда. При этом ведомственные планы предусматривают до 2030 года завершить реставрацию не менее тысячи ОКН.

Согласно данным государственного учёта, в России насчитывается более 156 тыс. ОКН, из которых около 20% (т.е. порядка 31 тыс. объектов) находятся в неудовлетворительном состоянии. Особую остроту эта проблема приобретает в исторических городах и их пригородах, где неиспользуемые усадебные комплексы, обладая высокой архитектурной и градостроительной ценностью, постепенно разрушаются из-за отсутствия регулярной эксплуатации и финансирования.

Понятие «ревитализация» применительно к ОКН предполагает не просто физическое восстановление здания, а его возвращение в активную городскую жизнь через адаптацию к новой общественной или коммерческой функции, которая при этом не разрушает, а сохраняет и актуализирует историко-культурную ценность объекта. Согласно Федеральному закону № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия…», приспособление ОКН для современного использования представляет собой комплекс научно-исследовательских, проектных и производственных работ, направленных на создание условий для современного использования при сохранении предмета охраны [1].

Одним из наиболее перспективных направлений ревитализации является приспособление усадебных зданий под гостиничные и смешанные функции. Такая модель позволяет одновременно решать задачи сохранения наследия, формирования качественной туристской инфраструктуры и привлечения частных инвестиций. В качестве модельного объекта для исследования выбрана усадьба «Жерновка» (дача Безобразовых) в Санкт-Петербурге - уникальный памятник архитектуры федерального значения конца XVIII века, созданный по проекту выдающегося архитектора Джакомо Кваренги.

Ревитализация ОКН

Проблема длительно неиспользуемых исторических зданий имеет комплексный характер. При отсутствии регулярной эксплуатации ускоряется физический износ конструкций, растут затраты на консервацию, а капитальные вложения в будущую реставрацию только увеличиваются. По данным экспертов, стоимость реконструкции ОКН под гостиницу может быть на 30–50% выше, чем нового строительства, а в сложных случаях - в 2–2,5 раза [2, 3]. Основные факторы удорожания включают:

- дополнительные предпроектные работы (историко-культурная экспертиза, обмеры, инженерные изыскания);
- индивидуальные инженерные решения (например, скрытая прокладка коммуникаций);
- использование специальных материалов и оборудования (например, стилизованных ретро-радиаторов вместо типовых);
- длительные согласования и административные процедуры;
- риск приостановки работ при выявлении новых исторических слоёв.

В российской научной традиции ревитализация ОКН долгое время подменялась понятиями «реставрация» или «музеефикация». Лишь в последние десятилетия утвердилось понимание ревитализации как *процесса переосмысления сохранившихся исторических зданий и сооружений и добавления к ним новых функций для последующего восстановления и внедрения в окружающую современную среду*. Таким образом, в отличие от консервации, нацеленной на «замораживание» состояния памятника, ревитализация предполагает его «оживление» через синтез прошлого и настоящего.

Для устранения терминологической неопределённости необходимо чётко разграничить ревитализацию со смежными понятиями (табл. 1).

Таблица 1
Соотношение понятий в области работы с ОКН

Понятие	Сущность	Цель	Характер вмешательства
Консервация	Комплекс мер по укреплению и защите объекта	Остановка разрушения, сохранение в неизменном виде	Минимальный
Реставрация	Восстановление утраченных или повреждённых элементов	Возвращение исторического облика на научной основе	Локальный, реконструктивный
Реконструкция	Изменение параметров объекта, перепланировка	Адаптация к новым техническим требованиям	Значительный, с изменением конструкции
Музеефикация	Приспособление объекта под музейную функцию	Сохранение и экспонирование как культурной ценности	Функциональный, но ограниченный
Реновация	Полное обновление, часто со сносом и новым строительством	Замена устаревшего фонда	Радикальный
Ревитализация	Комплексное «оживление» через новую общественно-экономическую функцию	Включение ОКН в актуальную жизнь как активного субъекта	Адаптивный, функциональный

Анализ таблицы показывает, что ревитализация, в отличие от реставрации или музеефикации, не ограничивается техническим или экспозиционным аспектом. Она ориентирована на достижение социально-экономического эффекта: создание рабочих мест, привлечение туристов, развитие локальной идентичности.

Таким образом, ревитализация ОКН в современном понимании — это не просто набор проектных и строительных процедур, а сложный социально-экономический и культурный процесс, направленный на трансформацию памятника из пассивного объекта охраны в активный субъект городской жизни, обладающий экономической и социокультурной ценностью. Именно этот теоретический подход ложится в основу разрабатываемой в настоящей статье модели приспособления усадьбы «Жерновка» под малый отель усадебного типа.

Обзор современных исследований ревитализации объектов культурного наследия

Анализ актуальных отечественных и зарубежных публикаций по позволяет выделить три ключевых направления исследований ревитализации объектов культурного наследия (ОКН): выбор оптимальных форматов адаптации, социально-экономические эффекты и правовые механизмы.

Современные исследования в области индустрии гостеприимства подтверждают растущий интерес к форматам, предполагающим уникальность и аутентичность. Е.В. Логвина отмечает, что бутик-отели становятся важнейшей частью предложения на рынке, ориентированной на взыскательного клиента, ищущего не просто размещения, но уникального опыта, что достигается за счёт индивидуальной архитектуры, камерной атмосферы и погружения в историческую среду [5]. В.Г. Рысаева (2020), анализируя последствия пандемии COVID-19, показывает, что даже в периоды кризиса туристы отдают предпочтение небольшим приватным отелям - из-за «усталости от мегаполисов» и стремления к безопасности [4]. Эта тенденция сформировала устойчивый спрос на малоформатные средства размещения, в том числе в усадебных комплексах.

На примере реконструкции московского отеля «Метрополь» и других объектов Н.Н. Мащенко (2019) и Е.Н. Писарская (2018) доказывают, что наиболее успешные проекты характеризуются отказом от радикальной перепланировки и сохранением парадных интерьеров как ключевого элемента гостиничного продукта [6, 7].

В работе Д.И. Смирнова подчеркивается, что ревитализация объектов культурного наследия напрямую связана с устойчивым развитием: такие проекты повышают инвестиционную привлекательность территории, стимулируют туристическую активность и благоприятно влияют на качество городской среды [8]. Аналогичные выводы делают И.С. Жариков, А.А. Маркова и А.А. Гордей, анализируя практику реконструкции исторических зданий в России и акцентируя внимание на сохранении подлинности при внедрении новых функций [10].

Экономический аспект проблематики раскрывается в исследованиях А.В. Зариповой и Е.В. Маркушиной: они показывают, что реконструкция заброшенных зон и объектов становится важным фактором экономического оживления территорий и увеличивает налоговые поступления в местные бюджеты [11]. В свою очередь М.В. Матеева, М.А. Кустова и О.А. Безруких связывают подобные инициативы с современными ESG-трендами в девелопменте, включая социальную ответственность и грамотное управление [9].

Проведённый обзор показывает, что формат малого усадебного отеля (бутик-отеля) является наиболее органичной моделью адаптивного использования усадебных комплексов, отвечая спросу на аутентичный отдых и приватность, а ревитализация ОКН доказательно рассматривается как фактор устойчивого развития и ESG-повестки, однако её экономическая эффективность напрямую зависит от выбора функции, масштаба и мер государственной поддержки. При этом правовые и согласовательные риски остаются ключевым барьером, а также имеется дефицит комплексных работ по конкретным объектам федерального значения, который настоящая статья призвана восполнить на примере дачи Безобразовой.

Инструменты государственной поддержки и правовые риски ревитализации ОКН

В современной России сформирована система инструментов государственной поддержки, стимулирующая частные инвестиции в восстановление объектов культурного наследия.

Программа льготной аренды «Рубль за метр». В Санкт-Петербурге с 2018 года реализуется программа «Рубль за метр», направленная на вовлечение неиспользуемых ОКН в инвестиционный оборот. Её механизм предполагает предоставление объекта в аренду на срок до 49 лет по результатам торгов, при этом арендатор обязуется провести полный комплекс ремонтно-реставрационных работ. Установлены следующие временные нормативы: 2 года на разработку и согласование проектной документации, 5 лет на выполнение работ. После завершения и приёмки работ арендатор получает право на льготную ставку арендной платы — 1 рубль за квадратный метр в год.

За время действия программы 11 ОКН уже нашли арендаторов, два объекта полностью восстановлены (особняк-контора братьев Колобовых на Песочной набережной и Александровские ворота Охтинских пороховых заводов). В 2025 году в рамках программы было заключено пять договоров аренды. Таким образом, программа подтверждает свою эффективность как инструмент привлечения бизнеса к сохранению архитектурного наследия.

Льготное кредитование проектов сохранения ОКН. С июня 2025 года для инвесторов проектов по восстановлению ОКН во всех субъектах РФ действует единая льготная ставка по кредитам - не более 9% годовых (при ключевой ставке ЦБ не более 21%). Кредит может покрывать разработку проектной документации, непосредственно работы по сохранению ОКН и их приспособление к современному использованию. Предельный срок льготного кредитования составляет до 8,5 лет с дифференциацией по этапам. Оператором программы выступает ПАО «ДОМ.РФ», а кредиторами-участниками — крупнейшие российские банки.

Налоговые льготы. Подпункт 15 пункта 2 статьи 149 Налогового кодекса РФ освобождает от налога на добавленную стоимость работы по сохранению ОКН (консервацию, ремонт, реставрацию, приспособление для современного использования, научно-исследовательские, проектные и производственные работы, а также научное руководство, технический и авторский надзор). Кроме того, объекты культурного наследия федерального значения не признаются объектами налогообложения по налогу на имущество организаций, что снижает постоянную налоговую нагрузку в период эксплуатации.

Несмотря на наличие мер поддержки, реализация проектов ревитализации ОКН сопряжена с рядом специфических правовых рисков [12], представленных в таблице 2.

Таблица 2
Основные правовые риски инвестора при приспособлении исторического здания

Риск	Причина возникновения	Возможные последствия для проекта
Приостановка работ	Обнаружение объекта с признаками культурного наследия; угроза сохранности охраняемого объекта	Срыв графика, дополнительные расходы, корректировка проекта
Согласовательные задержки	Замечания к документации, неполный пакет согласований, процедурные ошибки	Увеличение сроков реализации, рост стоимости проекта
Ограничение проектных решений	Режим охраны объекта и охранных зон, запрет на изменение предмета охраны	Сокращение допустимых вариантов приспособления, пересмотр концепции
Публичное оспаривание	Размещение заключений экспертизы в открытом доступе, общественные и профессиональные возражения	Репутационные потери, дополнительное административное давление
Риск ненадлежащего исполнения работ	Привлечение подрядчиков без необходимой компетенции или нарушение специальных требований	Повторные работы, сложности при приёмке, штрафы и иные меры ответственности

Таким образом, правовая составляющая в проектах приспособления ОКН должна рассматриваться не как внешний фон, а как один из ключевых факторов, напрямую определяющих инвестиционную реализуемость проекта.

Усадьба «Жерновка» как объект ревитализации

Усадьба «Жерновка» (дача Безобразовых) расположена по адресу: г. Санкт-Петербург, Ириновский проспект, д. 9. Постановлением Правительства РФ от 10 июля 2001 года объект признан памятником градостроительства и архитектуры федерального значения; в государственный реестр включены не только усадебный дом, но и прилегающая территория с элементами пейзажного парка и водоёма.

Архитектурный облик усадебного дома соответствует типологии загородной дворянской резиденции конца XVIII века (стиль классицизм). Здание трёхчастное: центральный объём с четырёхколонным портиком на южном фасаде и два более низких боковых флигеля. Внутренняя структура включает двухсветную парадную залу значительной протяжённости и анфиладу парадных комнат (гостиная, столовая, бильярдная, спальня), ориентированных на реку и сад. Сохранились живописные панно, плафоны, лепной декор, кафельные печи. Территория парка составляет около 3 га, включает пруд, кольцевую аллею, каменный павильон-пристань «Бель-вю» на берегу Охты.

Рис. 1. Усадьба «Жерновка» (дача Безобразовых)

После революции усадьба неоднократно меняла функции, в советский период использовалась в различных целях, проходила частичную реставрацию в 1980-е годы. К середине 2010-х годов здание фактически не использовалось и находилось в неудовлетворительном состоянии. В 2018 году был заключён договор аренды на 25 лет с условием проведения работ по сохранению, однако реальные работы долго не начинались. По состоянию на 2025 год принято иное решение: усадьба передаётся детской музыкальной школе №41 Красногвардейского района [13]. Проектирование должно завершиться до конца 2025 года, а к работам планируется приступить в 2026 году. В парке планируется воссоздать утраченную пристань и сделать сцену для уличных выступлений.

Наша гипотеза, однако, состоит в том, что гостиничная функция с событийным уклоном могла бы более полно раскрыть коммерческий и культурный потенциал усадьбы, обеспечив не только её сохранение, но и устойчивое развитие прилегающей территории.

Концепция малого отеля усадебного типа на базе усадьбы «Жерновка».

Анализ возможных форматов гостиничного использования (крупный городской отель, бутик-отель, малый усадебный отель) показал, что третий вариант является наиболее адекватным архитектурно-планировочной структуре и охранному статусу объекта.

Ключевые принципы предлагаемой концепции:

Парадная зона не переоборудуется под номера. Двухсветная зала и анфилада парадных комнат сохраняются как общественное и событийное пространство - для проведения свадеб, приёмов, камерных концертов, конференций. Это соответствует исторической логике усадьбы, минимизирует вмешательство в наиболее ценные интерьеры и создаёт самостоятельный источник дохода.

Номерной фонд (ориентировочно 20 номеров) размещается в задних помещениях главного дома и, при возможности, в боковых флигелях — там, где первоначальное служебное назначение предполагает большую свободу при адаптации, а декоративная ценность ниже. При проектировании номеров необходимо максимально сохранять архитектурный характер помещений: пропорции, оконные проёмы, фрагменты исторической отделки. Современное оборудование и мебель должны подбираться с учётом стилистики и не доминировать над исторической составляющей.

Парковая территория (около 3 га) используется для прогулок, малых форм отдыха и открытых мероприятий, что усиливает рекреационную привлекательность объекта и отличает его от типичных городских отелей.

Такая модель создаёт многоисточниковую структуру выручки: продажа номеро-суток + аренда парадного зала + банкетное обслуживание + дополнительные услуги (экскурсии, культурные программы). Это снижает зависимость от одного канала дохода, что критически важно при ограниченном номерном фонде.

Предварительная оценка капитальных затрат.

На основе укрупнённых показателей (с учётом удорожания для ОКН на 30–50% по сравнению с новым строительством) составлена смета капитальных затрат (табл. 3). Расчёты выполнены в ценах 2024–2025 гг. с использованием данных по типовым реставрационным проектам, коммерческих предложений подрядных организаций и поставщиков оборудования. Поскольку объект имеет индивидуальные характеристики, значения носят оценочный характер и отражают вероятный порядок величин.

Таблица 3

Предварительная оценка капитальных затрат по проекту ревитализации усадьбы «Жерновка»

Блок затрат	Состав затрат	Стоимость, руб.
Ландшафтные работы	Проект благоустройства, работы с техникой, бригадные работы	3 770 000
Инженерные сети	Товарно-материальные ценности + монтаж	110 000 000
Внутренняя отделка	Работы + ТМЦ	82 000 000
Ремонт фасада	Работы и материалы (2 800 м² × 4 500 руб.)	12 600 000
Ремонт кровли	Работы и материалы (1 800 м² × 6 500 руб.)	11 700 000
Оснащение номерного фонда	20 номеров × 600 000 руб.	12 000 000
Кухонное оборудование	Оснащение профессиональной кухни	15 000 000
ИТОГО		247 070 000

Наибольшую долю (44%) занимают инженерные сети, что отражает специфику ОКН: необходимость скрытой прокладки, обхода ценных элементов, индивидуальных технических решений. Вторая по величине статья - внутренняя отделка (33%), что также выше, чем в новом строительстве, из-за необходимости деликатного сочетания современных материалов с историческими поверхностями.

Следует учитывать, что приведённая сумма не включает в полном объёме стоимость специализированных реставрационных работ по живописи, лепному декору, печам, историческим столярным заполнениям, а также расходы на проектную документацию, историко-культурную экспертизу, авторский и технический надзор. Фактический бюджет проекта может оказаться выше на 10–20%.

Оценка срока окупаемости и параметров выручки.

Для оценки окупаемости принята следующая расчётная модель:

- номерной фонд: 20 номеров;
- среднегодовая загрузка после выхода на устойчивый режим: 50%;
- количество реализуемых номеро-суток в год: 20 × 365 × 0,5 = 3 650;
- целевая структура выручки: 65% от размещения, 35% от событийной деятельности и сопутствующих услуг;
- целевой годовой оборот: порядка 48 млн руб.

При этих допущениях выручка от номерного фонда должна составлять около 31,2 млн руб. в год, а средняя цена продажи номера: 31 200 000 / 3 650 ≈ 8 550 руб./сутки. Такой уровень соответствует сегменту малых исторических средств размещения с индивидуализированным сервисом (бутик-отели, мини-отели в исторических зданиях).

Выручка от событийной деятельности (30 крупных мероприятий в год при среднем доходе 560 тыс. руб. с мероприятия) - около 16,8 млн руб./год. При этом сама аренда зала может составлять 150–200 тыс. руб. за мероприятие, а остальная часть формируется за счёт банкетного обслуживания и дополнительных услуг.

При доле операционных расходов 60–65% от выручки (что характерно для малых гостиниц с высокой долей ФОТ и коммунальных платежей) чистый денежный поток составит 16,8-19,2 млн руб./год. Простой срок окупаемости без учёта инфляции, стоимости заемного капитала и возможной индексации цен - 13–15 лет, что для проектов приспособления ОКН является приемлемым ориентиром (сопоставимые проекты имеют горизонт окупаемости 10-15 лет в благоприятном сценарии).

Обобщение сильных и слабых сторон проекта, а также внешних возможностей и угроз представлено в таблице 4.

Как видно из SWOT-анализа, сильные стороны проекта (исторический статус, парковая территория, многофункциональность) позволяют занять уникальную нишу на рынке, однако слабые стороны (высокая капиталоёмкость, малый номерной фонд) делают проект чувствительным к колебаниям загрузки и росту затрат. Реализация возможностей во многом зависит от способности инвестора пройти согласовательные процедуры и привлечь льготное финансирование.

Таблица 4
SWOT-анализ проекта открытия малого отеля усадебного типа на базе усадьбы «Жерновка»

Сильные стороны (Strengths)	Слабые стороны (Weaknesses)
- Уникальный исторический статус и выразительные парадные интерьеры федерального значения. - Обширная зелёная территория с парком и прудом в городской черте. - Формат малого усадебного отеля с возможностью проведения свадеб, концертов и приёмов. - Многоисточниковая модель выручки, снижающая зависимость от одного канала.	- Высокая капиталоёмкость (свыше 247 млн руб. без учёта резервов). - Ограниченный номерной фонд (20 номеров) - высокая чувствительность к загрузке. - Жёсткие охранные ограничения по перепланировке, использованию интерьеров и территории. - Повышенные постоянные эксплуатационные расходы (ФОТ, коммунальные платежи, содержание парка).
Возможности (Opportunities)	**Угрозы (Threats)**
- Рост спроса на короткий отдых (short break) и мероприятия в исторических усадьбах. - Устойчивый интерес к свадебным и корпоративным торжествам в уникальных интерьерах. - Потенциальное участие в программе «Рубль за метр» и получение льготного кредита по ставке 9%. - Включение усадьбы в культурно-туристические маршруты Санкт-Петербурга.	- Правовые риски: приостановка работ, затягивание согласований, дополнительные требования КГИОП. - Макроэкономическая нестабильность и колебания платёжеспособного спроса в сегменте событийного отдыха. - Конкуренция со стороны других исторических усадеб, загородных отелей и апарт-отелей (в Петербурге к началу 2026 года действовало 68 апарт-отелей с 32,3 тыс. номеров). - Риск недостаточного денежного потока для обслуживания капитала и покрытия высоких постоянных расходов.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что ревитализация дачи Безобразовой («Жерновка») под малый отель усадебного типа является экономически и культурно обоснованной и обладают высоким потенциалом:

- объект будет сохранен и интегрирован в современную городскую жизнь;
- проект отвечает запросу туристов на аутентичный опыт;
- инициатива способствует развитию территории и созданию рабочих мест;
- модель соответствует мировым ESG-тенденциям и принципам устойчивого развития.

Предложенная концепция ревитализации и адаптивного использования ОКН может быть использована при предпроектной проработке аналогичных проектов приспособления усадебных комплексов под гостиничные и смешанные функции. Гостиничная функция, особенно в малом формате с акцентом на события, представляет собой один из наиболее эффективных инструментов возвращения объектов наследия в активную городскую жизнь.

Таким образом, предложенная модель ревитализации ОКН способна стать показательным примером успешного взаимодействия бизнеса и государства в деле сохранения культурного наследия и представляет собой не только способ сохранения исторической памяти, но и драйвер социально-экономического развития территорий.

Литература

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».
2. Майновская А.К. Экономическая целесообразность реконструкции, реставрации и приспособления здания Русско-Азиатского банка в г. Иркутске // Право, экономика и управление. — 2022. — № 4. — С. 28–34.
3. Музычук В.Ю. Экономика культурного наследия: вопросы сохранения и использования исторической недвижимости. — М.: Изд. дом ВШЭ, 2016. — 312 с.
4. Рысаева М.А. Влияние пандемии COVID-19 на туристическую индустрию.
5. Логвина Е.В. Бутик-отели как инновационный формат на рынке гостиничных услуг.
6. Мащенко Н.Н. Архитектурно-типологические принципы организации номерного фонда в условиях реконструкции городских исторических отелей: дис. … канд. архитектуры. — М., 2019. — 187 с.
7. Писарская Е.Н. Особенности реконструкции номерного фонда городского исторического отеля класса «люкс» на примере отеля «Метрополь» // Вестник ТГАСУ. — 2018. — № 5. — С. 44–52.
8. Смирнов Д.И. Ревитализация исторических территорий как фактор устойчивого развития.
9. Матеева М.В., Кустова М.А., Безруких О.А. ESG-принципы в современном девелопменте.
10. Жариков И.С., Маркова А.А., Гордей А.А. Опыт реконструкции и адаптивного использования памятников архитектуры в России.
11. Зарипова А.В., Маркушина Е.В. Реконструкция индустриальных и исторических объектов как фактор экономического роста.
12. Митягин С.Д., Шевченко Э., Семенцов С.В. Федеральный закон № 73-ФЗ и вопросы организации системы охраны объектов культурного наследия // Academia. Architecture and Construction. — 2023. — № 2. — С. 112–119.
13. Дачу Безобразовых «Жерновка» передадут детской музыкальной школе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://realty.ria.ru/20241225/zhernovka-1991316773.html (дата обращения: 12.12.2025).

On the Revitalization of Cultural Heritage Sites (Based on the Bezobrazova Dacha in St. Petersburg)

Gordeeva T.E., Bashkirova E.A.
Samara State Technical University

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the challenges and prospects for revitalizing cultural heritage sites (CHS) no longer in active use by adapting them for modern hotel use. The relevance of this study stems from the high proportion of CHS in poor condition and the need to re-use them. Using the example of the Zhernovka Estate (Bezobrazov's Dacha) in St. Petersburg, a federal architectural landmark dating back to the late 18th century, the article analyzes the architectural features of the property, its historical and cultural potential, and the legal, investment, and organizational aspects of creating a small manor-style hotel. The project's significance is emphasized not only for the preservation of the historical environment but also as a promising direction for urban infrastructure development that meets the principles of sustainability and economic feasibility. A hotel concept for the use of the cultural heritage site is proposed, combining a limited number of rooms with an event function based on the ceremonial interiors. A comprehensive capital expenditure assessment was completed, broken down into individual blocks, and a target payback model was determined based on projected occupancy rates and revenue structure. The conclusion is that such projects offer high investment attractiveness and contribute to strengthening the city's cultural identity, provided that conservation requirements are met.

Keywords: revitalization, cultural heritage site, adaptive use, Zhernovka estate, small hotel, event tourism, investments, legal risks, sustainable development.

References

1. Federal Law No. 73-FZ of June 25, 2002 “On Cultural Heritage Sites (Monuments of History and Culture) of the Peoples of the Russian Federation”.
2. Mainovskaya A.K. Economic feasibility of reconstruction, restoration and adaptation of the Russian-Asian Bank building in Irkutsk // Law, Economics and Management. – 2022. – No. 4. – P. 28–34.
3. Muzychuk V.Yu. Economics of Cultural Heritage: Issues of Preservation and Use of Historic Real Estate. – Moscow: HSE Publishing House, 2016. – 312 p.
4. Rysaeva M.A. The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Tourism Industry. – 2020.
5. Logvina E.V. Boutique Hotels as an Innovative Format in the Hotel Services Market. – 2022.
6. Mashchenko N.N. Architectural and Typological Principles of Organizing the Room Stock in the Reconstruction of Urban Historic Hotels: PhD Dissertation in Architecture. – Moscow, 2019. – 187 p.
7. Pisarskaya E.N. Features of reconstruction of the room stock of a luxury urban historic hotel on the example of the Hotel “Metropol” // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2018. – No. 5. – P. 44–52.
8. Smirnov D.I. Revitalization of Historic Territories as a Factor of Sustainable Development. – 2023.
9. Mateeva M.V., Kustova M.A., Bezrukikh O.A. ESG Principles in Modern Development. – 2023.
10. Zharikov I.S., Markova A.A., Gordey A.A. Experience of Reconstruction and Adaptive Use of Architectural Monuments in Russia. – 2022.
11. Zaripova A.V., Markushina E.V. Reconstruction of Industrial and Historical Sites as a Factor of Economic Growth. – 2021.
12. Mityagin S.D., Shevchenko E., Sementsov S.V. Federal Law No. 73-FZ and issues of the organization of the cultural heritage protection system // Academia. Architecture and Construction. – 2023. – No. 2. – P. 112–119.
13. The Bezobrazova Dacha “Zhernovka” will be transferred to a children’s music school [Electronic resource]. – Access mode: https://realty.ria.ru/20241225/zhernovka-1991316773.html (accessed: 12.12.2025).

Ревитализация объектов промышленной архитектуры XIX века: концепция преобразования мельницы купцов Бобровых (вблизи Протвино) в реабилитационный центр

Городова Маргарита Николаевна
старший преподаватель кафедры архитектурного и промышленного дизайна, кандидат искусствоведения, gorodova-mn@rudn.ru,

Гутникова Анастасия Алексеевна
студент, Российский университет дружбы народов,1132247999@rudn.ru

В статье рассматривается проблема ревитализации объектов промышленной архитектуры XIX века на примере мельницы купцов Бобровых, расположенной в окрестностях города Протвино. Актуальность исследования обусловлена необходимостью эффективного использования исторических зданий для социально-экономического развития малых городов и создания специализированной инфраструктуры поддержки военнослужащих и ветеранов. В ходе работы проведен историко-архивный анализ мельницы, выполнен градостроительный анализ территории, оценена потребность региона в реабилитационных учреждениях для военнослужащих. С помощью генеративных методов проектирования предложена концепция, предусматривающая реставрацию исторических фасадов мельницы, пристройку современной части здания с плавным визуальным переходом к историческому объему, а также благоустройство прилегающей территории с созданием рекреационной зоной у реки. Исследование демонстрирует подход к ревитализации промышленных объектов, где историческая ценность и современная функциональность дополняют друг друга, создавая социально значимое пространство для реабилитации военнослужащих. Разработанные подходы к ревитализации могут быть адаптированы для аналогичных проектов в других регионах.

Ключевые слова: архитектура, ревитализация, промышленное наследие, реабилитационные центры, мельница купцов Бобровых, сохранение историко-культурной ценности.

Введение

Объекты промышленной архитектуры XIX века составляют весомую часть историко-градостроительного наследия России, но зачастую остаются невостребованными и постепенно разрушаются. Изменение концепции промышленных сооружений открывает новые возможности для улучшения городского пространства, преобразования устаревших промышленных объектов и благоустройства территорий. Ревитализация считается одним из наиболее эффективных способов оживления заброшенных промышленных зданий, сооружений и территорий [1,6].

Мельница купцов Бобровых вблизи Протвино – наглядный пример памятника промышленной архитектуры, который, несмотря на прекращение эксплуатации, сохранил узнаваемые черты эпохи. Ревитализация таких сооружений требует взвешенного подхода: с одной стороны, необходимо обеспечить сохранность исторических элементов, с другой – адаптировать здание к современным функциям [2,9].

Решение разместить на базе мельницы реабилитационный центр для военнослужащих и ветеранов основано на комплексном анализе потенциала территории и её градостроительной ценности [3,8]. Такой выбор отвечает актуальной социальной задаче – обеспечению качественной реабилитации участников боевых действий и военнослужащих, нуждающихся в восстановлении. Расположение у реки формирует благоприятный микроклимат и способствует созданию среды, благотворной (или подходящей) для реабилитации [12]. Вблизи с мельницей имеется достаточно места для возведения нового корпуса реабилитационного центра, что позволит сохранить исторический облик самого здания.

Актуальность

Потребность в сохранении объектов промышленного наследия XIX века и их адаптации к современным социальным запросам продолжает расти [6,13]. Многие памятники промышленной архитектуры, подобные мельнице купцов Бобровых, находятся в плачевном состоянии: утратив первоначальную функцию, они постепенно разрушаются, хотя обладают значительным градостроительным потенциалом. При этом расположение мельницы у реки создает естественные предпосылки для организации специализированной реабилитационной среды для военнослужащих [12]: благоприятный микроклимат, возможность обустройства прогулочных зон и рекреационных маршрутов напрямую способствуют восстановлению психоэмоционального и физического состояния участников боевых действий. Преобразование заброшенного объекта в реабилитационный центр для военнослужащих позволяет решить сразу несколько задач: сохранить историко-культурную ценность здания, восполнить нехватку специализированных учреждений для реабилитации военнослужащих в регионе, создать новые рабочие места и оживить прилегающую территорию.

Особое значение проект приобретает в контексте растущей потребности в качественной реабилитации военнослужащих и ветеранов, что делает его не только градостроительной, но и социально значимой инициативой.

Предложенная концепция ревитализации может служить модельным решением для аналогичных объектов – промышленных мельниц, фабрик и складов в других малых городах, где подобные здания нередко остаются невостребованными. Таким образом, исследование сочетает вопросы охраны наследия, градостроительного развития и социальной инфраструктуры, отвечая актуальным вызовам современного территориального планирования.

Процесс исследования

Мельница купцов Бобровых – образец промышленной архитектуры второй половины XIX века, отражающий эволюцию мукомольного производства и переход от традиционных водяных мельниц к механизированным предприятиям [9]. Первые документальные свидетельства о мельнице датируются 1860-ми годами, когда семейство Бобровых, уже имевшее репутацию успешных торговцев зерном, решило инвестировать в механизацию переработки. Строительство мельницы датируется 1867 годом, что подтверждается разрешительными документами губернского правления [15]. Первоначально сооружение функционировало как водяная мельница с одним поставом, что предопределило его расположение на берегу реки Протва.

На первых этапах постройка была одноэтажной, каменной, с деревянными перекрытиями и предельно лаконичным оформлением фасадов – типичным для утилитарных промышленных сооружений того времени. В 1885 году купцы Петр и Николай Бобровы приняли решение заменить деревянную конструкцию на кирпичную. Уже в 1887 году объект был введен в эксплуатацию. Автором проекта выступил Владислав Осипович Груздин (Владислав Адам Грудзина) – городской архитектор Серпухова (с 1875 года), представитель польско-литовской архитектурной школы.

Каждый этаж мельницы выполнял свою производственную функцию. На первом с помощью жерновов получали муку грубого помола, на втором – тонкого. На третьем изготавливали растительные масла, на четвертом занимались прочесыванием шерсти, а на пятом производили льняную и конопляную пряжу. Верхний, шестой этаж, представлял собой мансарду. В здании также проживали члены купеческой семьи Бобровых и отдельные рабочие. Со временем, когда производство разрослось и заняло все помещения мельницы, Бобровы построили собственный дом неподалеку от мельницы.

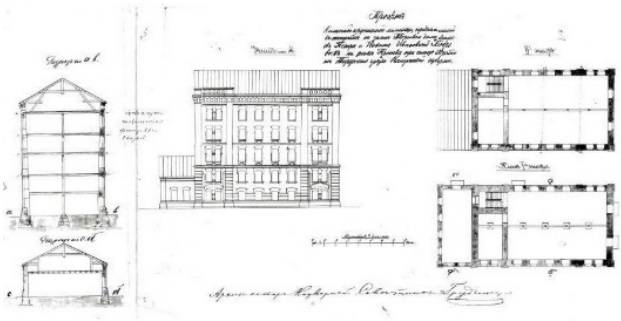


Рис.1 Чертежи мельницы купцов Бобровых

В результате Октябрьской революции семья Бобровых была вынуждена эмигрировать, после чего мельница перешла во владение коммуны «Большевик». Позднее объект сдали в аренду частному предпринимателю Звереву, под управлением которого объемы производства существенно возросли [15].

В период Великой Отечественной войны верхние этажи мельницы подверглись артиллерийскому обстрелу: немейские войска, находясь на удалении, ошибочно сочли мельницу стратегическим оборонным объектом. После оккупации Юрятина и Хрущева противник использовал мельницу как наблюдательный пункт, а расположенные поблизости дальнобойные орудия систематически обстреливали Серпухов и прилегающие территории.

После завершения боевых действий в Юрятино сохранилось всего три жилых дома и два нижних этажа мельницы с уцелевшей турбиной. Восстановление деревни началось с ремонта мельницы. Жители соорудили новую крышу и возобновили производство простого помола, вернув объекту первоначальную функцию [15].

Вскоре с проведением в округе линий электропередач мельница утратила хозяйственную значимость и была заброшена. Имущество объекта подверглось ограблению: предпринимались даже попытки демонтажа кирпичной кладки, однако высокая прочность строительных конструкций не позволила полностью разобрать здание.

Со временем руины использовались для тренировок альпинистов (рисунок 2). Эта практика прекратилась в августе 1985 года из-за трагического случая – гибели школьницы из Протвино.

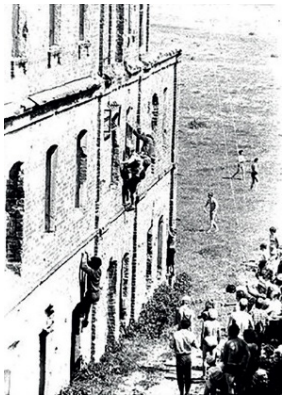


Рис.2. Тренировки альпинистов на мельнице купцов Бобровых, начало 1980-х годов.

В наши дни здание мельницы не эксплуатируется, отсутствует крыша и перекрытия этажей, частично разрушены фасады (рисунок 3). Территория вокруг мельницы заросла кустарником и деревьями, но подходы к объекту остаются доступными. Появился металлический мост, соединяющий здание мельницы с Серпуховским районом, который всего за неделю спроектировал Иван Яковлевич Рыскалин.

Рис. 3. Фото мельницы в настоящие время

Таким образом, мельница купцов Бобровых сегодня – это не просто заброшенное здание, а символ исторической памяти. Сохранение данного объекта позволит реализовать его ревитализацию в качестве реабилитационного центра – с сохранением исторической ценности и адаптацией под современные нужды. Ревитализация мельницы как реабилитационного центра может стать примером гармоничного сочетания охраны наследия и социальной пользы.

Градостроительный анализ территории показывает, что расположение мельницы в деревне Юрятино Тарусского района Калужской области, на берегу реки Протвы вблизи с границей с Московской областью (г.Протвино), на рисунке 4 (ситуационный план и фотофиксация) выявляет уникальный потенциал участка – сочетание живописного берега реки Протвы и историко-архитектурной ценности мельницы.

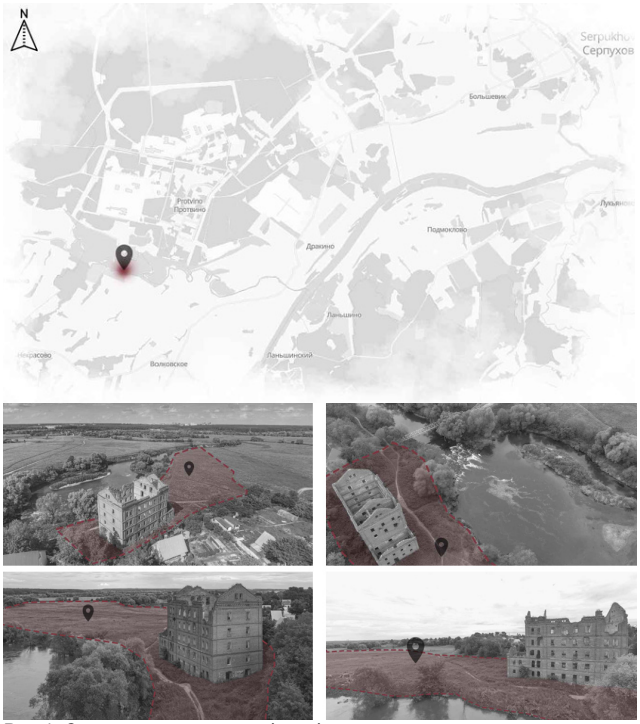


Рис.4. Ситуационный план и фотофиксация

Транспортная доступность обеспечивается близостью к Протвино (около 5-7 км через реку с учетом металлического моста) и связью с Серпуховом. При этом регулярное общественное сообщение с ближайшими населенными пунктами остается нерегулярным, что требует проработки транспортной инфраструктуры. Для ее улучшения целесообразно модернизировать существующий грунтовой путь до Протвино: асфальтировать и укрепить основание для организации регулярного движения общественного транспорта. Дополнительно стоит изучить возможность строительства прямой дороги от Юрятино к трассе «Калуга –Ферзиково – Таруса – Серпухов» или подключение к дорожной сети через ближайший населенный пункт с развитой инфраструктурой.

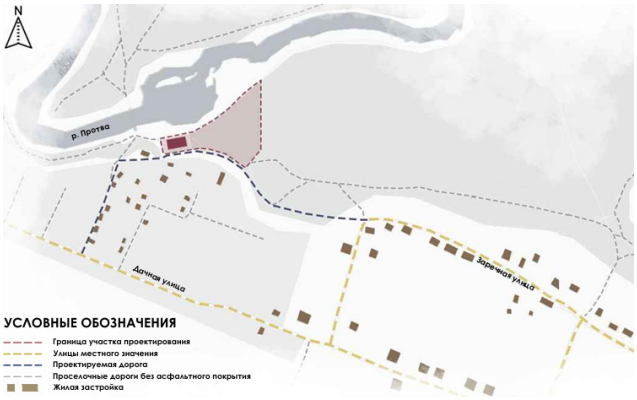


Рис.5. Опорный план

Природно-ландшафтные условия территории благоприятны для ревитализации: рельеф имеет небольшой уклон к реке, что позволяет организовать набережную и прогулочные зоны. Экологическая обстановка оценивается как относительно благоприятная ввиду удаленности от крупных промышленных объектов.

Градостроительная ситуация характеризуется сельской застройкой с низкой плотностью. Согласно кадастровому плану, участок, на котором расположена мельница купцов Бобровых, предусмотрен для размещения объектов оздоровительного и рекреационного назначения – это прямо подтверждает возможность и правомерность ревитализации исторического здания в качестве реабилитационного центра. В документации четко обозначены допустимые виды разрешенного использования земли, включающего организацию санитарно-курортных и реабилитационных учреждений, создание зон отдыха и туризма, обустройство прогулочных и оздоровительных маршрутов.

Состояние самого проекта требует первоочередного внимания: отсутствует крыша и перекрытия между этажами, частично разрушены фасады (особенно верхние этажи), но сохранились внешние несущие стены из прочного кирпича. Для восстановления утраченных элементов здания и укрепления имеющихся (с перспективой пристройки нового корпуса реабилитационного центра) необходимо действовать поэтапно.

Сначала требуется провести комплексное техническое обследование объекта. В рамках обследования нужно оценить состояние фундамента, несущих стен, грунтов основания, выявить скрытые дефекты, определить фактическую прочность материалов и рассчитать остаточную несущую способность конструкций.

На подготовительном этапе необходимо обеспечить временную защиту здания: установить опорные конструкции для стабилизации стен, устроить временную кровлю и ограждение для защиты от атмосферных воздействий, организовать водоотвод здания [11].

Далее следует приступить к усилению фундамента и несущих стен. Для фундамента целесообразно применить метод буроинъекционных свай или устроить железобетонную обойму по периметру. Стены укрепляются методом инъектирования – в трещины и пустоты под давление закачиваются укрепляющие составы на основе микроцементов или полимерных смол. На участках с серьезными повреждениями выполняется частичная перекладка кирпичной кладки с использованием кирпича, аналогичного историческому по размеру, цвету и фактуре.

После усиления основных конструкций можно восстанавливать перекрытия и крышу. Перекрытия между этажами проектируются как комбинированные: с металлическим каркасом для жесткости и деревянными элементами для соответствия исторической стилистике. Все деревянные детали обрабатываются огне- и биозащитными составами. Крыша воссоздается с сохранением оригинальных архитектурных форм, но с применением современных облегченных материалов, например, металлочерепицы или композитной черепицы, имитирующей исторический аналог.

Параллельно восстанавливаются фасады: ремонтируется кирпичная кладка, воссоздаются утраченные декоративные элементы (по историческим фотографиям, чертежам или аналогам). Особое внимание уделяется верхним этажам – наиболее пострадавшим участкам.

Когда историческая часть здания будет восстановлена и укреплена, можно приступать к проектированию и возведению нового корпуса реабилитационного центра, обеспечивая конструктивную независимость нового здания от исторического объекта.

Весь процесс реставрации должен сопровождаться постоянным мониторингом состояния конструкций и строгим соблюдением норм охраны культурного наследия, что позволит сохранить уникальный памятник промышленной архитектуры и адаптировать его под современное использование в качестве реабилитационного центра [7].

Ревитализация мельницы купцов Бобровых в специализированный центр отвечает актуальной потребности региона, поскольку военнослужащие и ветераны, нуждающиеся в медицинской и психологической реабилитации, зачастую сталкиваются с нехваткой мест и долгой очередью в профильных учреждениях.

Для оценки целесообразности проекта проведем краткий анализ по ключевым параметрам: численность целевой аудитории, текущее предложение услуг, инфраструктура территории и прогноз загрузки.Основные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Оценка потребности и перспектив реабилитационного центра для военнослужащих на базе мельниц купцов Бобровых.

Критерий	Показатель	Комментарий
Численность целевой группы (военнослужащие и ветераны, нуждающиеся в реабилитации)	1800 чел.	Данные военкоматов и ветеранских организаций
Норматив обеспеченности реабилитационными местами	8 мест на 1000 чел.	Ведомственные нормативы Минобороны
Текущее количество мест в регионе	10 мест	Данные Минобороны
Расчетная потребность в дополнительных местах	4 места (1800/1000)x8-10=4,4	Дефицит мест
Доля целевой группы в радиусе 20 км от мельницы	60% (1080 чел.)	Данные администрации района
Планируемая вместимость центра	50 мест	С учетом перспектив развития
Ожидаемый охват в первый год работы	432 чел./год (40% локальной группы)	Прогноз на основе загрузки аналогичных учреждений
Транспортная доступность	Низкая	Отсутствие развитой дорожной инфраструктуры, требуется строительство подъездных путей
Состояние здания	Требуется реконструкция	Историческая постройка, необходима адаптация под стандарты реабилитационного учреждения
Прогноз загрузки центра (3-й год работы)	110% (55 пациентов в год на 50 мест)	Выход на полную мощность, привлечение пациентов из соседних регионов
Ключевые преимущества локации	Благоприятная экология, возможность организации охраняемой территории	Низкий уровень загрязнения, контроль доступа, много места для организации рекреационных зон

Проект ревитализации мельницы в реабилитационный центр для военнослужащих не только социально значим, но и экономически оправдан: он позволяет решить сразу несколько актуальных задач на локальном и региональном уровнях.Для успешной реализации нужны техническое обследование конструкций, поэтапная реконструкция с усилением фундамента и реставрацией фасадов, восстановление перекрытий и крыши с применением современных материалов, модернизация транспортной инфраструктуры и создание доступной среды. В итоге проект сочетает сохранение историко-культурной ценности объекта с его адаптацией под современные социальные нужды, обеспечивая долгосрочную пользу для региона.

Для разработки концепции ревитализации мельницы купцов Бобровых был применен комплекс инструментов на базе искусственного интеллекта (ИИ), позволивший создать целостный и детализированный проект, сочетающий историческую ценность здания с современными требованиями к реабилитационным учреждениям.На первом этапе в систему ИИ были загружены исторические чертежи мельницы, фотофиксация текущего состояния объекта. Искусственный интеллект провел автоматизированный анализ этих данных, выделив ключевые параметры: габариты и этажность здания, сохранившиеся конструктивные элементы, расположение относительно реки Протвы, потенциальные зоны для пристройки нового корпуса, возможность благоустройства территории.

Далее с помощью генеративно-состязательных сетей (GAN) и диффузионных моделей, ИИ сгенерировал несколько вариантов концепции ревитализации. В их число вошли варианты реставрации исторических фасадов с сохранением аутентичных элементов, варианты пристройки современного корпуса с плавным визуальным переходом к историческому объёму, а также варианты благоустройства прилегающей территории: прогулочные дорожки, набережная, зоны отдыха у воды. Параметры для генерации включали сохранение узнаваемого силуэта мельницы, обеспечение естественного освещения в помещениях, создание безбарьерной среды, учёт микроклимата и ориентации по сторонам света [10].

Для наглядного представления концепции использовались инструменты ИИ-визуализации (например, StableDiffusion, Midjourney, DALL-E и аналогичные). Были сгенерированы фотореалистичные изображения объекта, визуализированы интерьеры помещений. Кроме того, разработаны панорамы благоустройства территории с прогулочными зонами и набережной. Примеры сгенерированных изображений включают: рис. 6 – визуализацию мельницы после реставрации с пристроенным корпусом реабилитационного центра, рис. 7 – генерация благоустроенной территории у реки с прогулочными маршрутами, рис. 9 – генерация внутреннего пространства исторического и нового здания.

Рис.6 Результат генерации для концепции ревитализации мельницы купцов Бобровых в современный реабилитационный центр.

Рис.7 Результат генерации благоустроенной территории у реки с прогулочными маршрутами

.

Рис.8 Результат генерации внутреннего пространства исторического и нового здания.

Выводы

В ходе исследования разработана и обоснована концепция ревитализации мельницы купцов Бобровых вблизи Протвино в реабилитационный центр для военнослужащих и ветеранов. Реализация проекта демонстрирует эффективный подход к преобразованию заброшенных промышленных объектов, сочетающий сохранение историко-культурной ценности здания с решением актуальных социальных задач.

Реализация предложенной концепции позволит:

- сохранить историко-культурную ценность памятника промышленной архитектуры;
- создать современное реабилитационное учреждение, отвечающее медицинским и социальным стандартам;
- улучшить качество жизни военнослужащих и ветеранов за счёт обеспечения доступа к качественной реабилитации;
- стимулировать социально-экономическое развитие региона через создание рабочих мест и повышение туристической привлекательности территории;
- сформировать модель ревитализации, которую можно адаптировать для аналогичных объектов в других малых городах.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) [Текст] // Собрание законодательства РФ. — 2005. — № 1 (ч. 1). — Ст. 16.
2. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 10.07.2023) [Текст] // Собрание законодательства РФ. — 2002. — № 26. — Ст. 2519.
3. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [Текст]. — М.: Минстрой России, 2016.
4. СП 59.13330.2020 «СНиП 35-01-2001 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» [Текст]. — М.: Минстрой России, 2020.
5. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций» (актуализированная редакция СНиП 31-06-2009) [Текст]. — М.: Минстрой России, 2014.
6. Анисимов, Л. Ю. Ревитализация промышленных территорий как фактор развития градостроительной структуры [Текст] / Л. Ю. Анисимов // Архитектура и строительство России. — 2018. — № 3. — С. 44–49.
7. Баранов, А. В. Сохранение промышленного наследия: опыт ревитализации мельничных комплексов / А. В. Баранов // Вестник МГСУ. — 2020. — Т. 15, № 4. — С. 512–521.
8. Иванова, Е. С. Реабилитационные центры для военнослужащих: современные требования и подходы к проектированию / Е. С. Иванова, П. А. Смирнов // Военная медицина. — 2022. — № 2. — С. 88–94.
9. Кузнецов, В. И. Промышленная архитектура XIX века: региональные особенности и эволюция / В. И. Кузнецов. — М.: Стройиздат, 2017. — 248 с.
10. Петрова, Н. А. Использование технологий искусственного интеллекта в архитектурном проектировании / Н. А. Петрова // Архитектурный вестник. — 2023. — № 5. — С. 112–119.
11. Рыжов, С. Г. Реконструкция и усиление фундаментов исторических зданий: современные методы / С. Г. Рыжов. — СПб.: Политехника, 2019. — 184 с.
12. Тарутин, О. А. Благоустройство прибрежных территорий: принципы и практики / О. А. Тарутин // Ландшафтная архитектура и дизайн. — 2021. — № 4. — С. 28–35.
13. Шмелёв, Д. В. Ревитализация объектов промышленной архитектуры: от теории к практике / Д. В. Шмелёв. — Калуга: Калужский гос. ун-т, 2022. — 160 с.
14. Государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ [Электронный ресурс]. — URL: (дата обращения: 25.05.2024).
15. Материалы историко-архивных изысканий по мельнице купцов Бобровых (1867–1945 гг.) / Архив Калужской области. Ф. 123, оп. 5, д. 178.

Revitalization of 19th-century industrial architecture: the concept of transforming the Bobrov merchants' mill (near Protvino) into a rehabilitation center

Gorodova M.N., Gutnikova A.A.
Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the revitalization of 19th-century industrial architecture using the example of the Bobrov merchant mill, located near the town of Protvino. The relevance of the study stems from the need to effectively utilize historic buildings for the socioeconomic development of small towns and the creation of specialized infrastructure to support military personnel and veterans. This study included a historical and archival analysis of the mill, an urban planning analysis of the site, and an assessment of the region's need for rehabilitation facilities for military personnel. Using generative design methods, a concept was proposed for the restoration of the mill's historic facades, the addition of a modern section of the building with a smooth visual transition to the historic structure, and the improvement of the adjacent territory, including the creation of a recreational area by the river. The study demonstrates an approach to the revitalization of industrial facilities where historical value and modern functionality complement each other, creating a socially significant space for the rehabilitation of military personnel. The developed approaches to revitalization can be adapted for similar projects in other regions.

Keywords: architecture, revitalization, industrial heritage, rehabilitation centers, Bobrov merchants' mill, preservation of historical and cultural value.

References

1. Urban Development Code of the Russian Federation of 29.12.2004 No. 190-FZ (as amended on 25.12.2023) [Text] // Collected Legislation of the Russian Federation. — 2005. — No. 1 (Part 1). — Art. 16.
2. Federal Law "On Cultural Heritage Sites (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation" of 25.06.2002 No. 73-FZ (as amended on 10.07.2023) [Text] // Collected Legislation of the Russian Federation. — 2002. — No. 26. — Art. 2519.
3. SP 42.13330.2016 "SNiP 2.07.01-89* Urban Development. Planning and development of urban and rural settlements" [Text]. - M.: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2016.
4. SP 59.13330.2020 "SNiP 35-01-2001 Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility" [Text]. - M.: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2020.
5. SP 158.13330.2014 "Buildings and premises of medical organizations" (updated version of SNiP 31-06-2009) [Text]. - M.: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2014.
6. Anisimov, L. Yu. Revitalization of industrial territories as a factor in the development of the urban planning structure [Text] / L. Yu. Anisimov // Architecture and Construction of Russia. — 2018. — No. 3. — P. 44–49.
7. Baranov, A. V. Preservation of Industrial Heritage: Experience of Revitalization of Mill Complexes / A. V. Baranov // Bulletin of MGSU. — 2020. — Vol. 15, No. 4. — P. 512–521.
8. Ivanova, E. S. Rehabilitation Centers for Military Personnel: Modern Requirements and Design Approaches / E. S. Ivanova, P. A. Smirnov // Military Medicine. — 2022. — No. 2. — P. 88–94.
9. Kuznetsov, V. I. Industrial Architecture of the 19th Century: Regional Features and Evolution / V. I. Kuznetsov. — M.: Stroyizdat, 2017. — 248 p.
10. Petrova, N. A. Use of Artificial Intelligence Technologies in Architectural Design / N. A. Petrova // Architectural Bulletin. — 2023. — No. 5. — Pp. 112–119.

Особенности работы с облаком точек в современных программных комплексах

Гурьева Юлиана Александровна
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, yual_2020@mail.ru

В статье проанализированы особенности работы с облаком точек. Кратко описаны возможности работы с массивами данных облаков точек, в том числе и с их фрагментами, а также отдельными точками, которые предоставляют различные программные комплексы. Также изучаются возможности работы с облаком точек, полученном по результатам лазерного сканирования зданий, сооружений, а также элементов и деталей. Описаны параметры подобных облаков точек, особенности их обработки. Представлена классификация моделей (в соответствии с уровнями их детализации), которые могут быть выполнены по результатам обработки данных облака точек, полученного в результате лазерного сканирования объекта. Приведены некоторые программные комплексы, позволяющие производить качественную обработку таких облаков точек и их передачу для дальнейшей работы в других программных комплексах. Представлены уровни детализации BIM-модели, которая может быть сформирована на основе данных облака точек в рассматриваемых программных комплексах. Проанализированы и кратко описаны возможности некоторых хорошо зарекомендовавших себя программ (с бесплатным доступом и с условием оплаты доступа) для работы с массивами трёхмерных точек. Приведены их основные характеристики и требования.
Ключевые слова: облако точек, лазерное сканирование, информационное моделирование, BIM-модель, цифровой двойник.

Введение

Для создания модели существующего сооружения, детали, поверхности земли и других сложных систем всё чаще применяется 3D-сканирование. В результате формируется облако точек, которое требует обработки перед передачей в программу для непосредственного создания модели.

Актуальность, цели и задачи проведённого исследования

Обработка облака точек представляет собой непростую задачу, решение которой требует применения соответствующих программ и комплексов [1, 2]. Одной из главных и сложных задач является выбор подходящей программы с требуемым набором инструментов. Исследованию именно этой темы и посвящена представленная статья.

Методы исследования

В рамках проведённого исследования были изучены различные программные комплексы, позволяющие выполнять работу с облаком точек.

Проведённое исследование

Облако точек представляет собой массив (набор) трёхмерных точек, формирующий объём элементов сооружения, полученный по результатам лазерного сканирования (лазерные лучи отражаются от элементов сооружения, возвращаясь обратно к лазеру; каждой точке присваиваются координаты на основе времени возврата и угла отражения) [3].

Параметры облака точек

Каждое облако точек имеет свои особенности [4,5]. К основным параметрам относятся количество точек, точность, цвет, плотность, разрешение (минимальный размер объекта, который можно различить на основе данных сканирования), нормали (векторы, указывающие на направление перпендикулярно поверхности в каждой точке облака), интенсивность, классификация точек (назначение точек к определённым классам – земля, деревья и пр.), временные метки (время измерения), геопривязка, однородность.

Технология Scan-to-BIM (создание информационной модели по данным лазерного сканирования, процесс обратного инжиниринга) всё больше внедряется в различные процессы строительной отрасли.

Без создания модели на основе данных облака точек можно получить общее изображение объекта, размеры отдельных элементов или расстояния между ними и т. д. При этом можно работать как со всем облаком, так и с его фрагментами, в том числе экспортировать. Также облако точек можно использовать как основу для выполнения отдельных чертежей и схем.

После проведения корректной обработки облака точек формируется BIM-модель, включающая в себя как геометрию, так и информацию о каждом элементе, которые имеют свои атрибуты (габаритные размеры, материал и др.). Только качественная, корректно выстроенная модель, успешно прошедшая все необходимые проверки, в том числе и проверки на возможные коллизии, будет полезна на любом этапе жизненного цикла сооружения.

Чтобы создать такую модель необходимо получить качественное облако точек именно по результатам лазерного сканирования (Leica, Faro и др.), а не фотограмметрии, например, с помощью фотографий беспилотника [6, 7]. Несмотря на то, что эти фотографии тоже могут быть полезны для разных целей, они являются лишь дополнительным материалом для создания корректной информационной модели.

Облако точек будет полезно на разных этапах и для разных целей, например, в процессе реконструкции и/или капитального ремонта, для контроля проведённых строительных работ, непосредственно в процессе эксплуатации (например, при создании цифрового двойника, или отдельных моделей отдельных систем), для реставрации (сохранение культурного наследия, создания информационных библиотек и др.).

Выделяют несколько **этапов обработки облака точек**:

1. Сшивка. Результаты проведённого сканирования представляют собой отдельные сканы, которые необходимо объединить («сшить») в единое целое, учитывая систему координат, в которой в дальнейшем будет формироваться модель. От точности работы на этом этапе зависит качество будущей модели и время, затраченное на её доработку (количество неточностей, наложений, коллизий и пр.). Для этого можно использовать Autodesk ReCap, Leica Cyclone и др.

2. Очистка от шумов. Необходимо удалить массивы точек, не относящиеся к рассматриваемому объекту, например, люди, оборудование, строительный мусор и т. д. Эту работу можно производить автоматизировано или вручную. На этом этапе важно провести тщательную проверку качества проведённой работы, т. к. ошибочно удалённые группы точек могут усложнить работу на следующем этапе, или не удалённые фрагменты шумов также приведут к появлению ошибок в модели и увеличат время работы, потраченное на устранение коллизий.

3. Геопривязка. Является одним из важнейших этапов. Облако точек должно иметь актуальную геопривязку, что позволит обеспечить корректную и быструю работу смежных специалистов, которым потребуется эта модель.

После обработки облака точек приступают к формированию модели. Перед началом работы необходимо определить уровень детализации. Не для всех моделей различных конструкций, сооружений или деталей требуется максимальная детализация, на проработку которой потребуется значительное количество затраченных ресурсов.

Обычно выделяют следующие **уровни детализации** – **LOD (Level of Detail или Level of Development)**:

- LOD 100 — местоположение элементов задаётся ориентировочно, сами элементы изображаются эскизно, точные размеры чаще всего отсутствуют.

- LOD 200 — элементы размещаются ориентировочно и имеют примерные размеры.

- LOD 300 — элемент имеет точные размеры, имеет точное месторасположение, элементы не накладываются друг на друга, фиксируется их количество, указаны основные свойства всех объектов модели.

- LOD 350 — каждый элемент помимо точных размеров и фиксированного местоположения имеет параметры сопряжения с другими элементами (например, места креплений и примыканий).

- LOD 400 — детальная проработка всех элементов, что позволяет выполнять работы по их производству и монтажу (указаны все необходимые детали, материалы и пр.).

- LOD 500 — каждый элемент соответствует элементу уже возведённого и эксплуатируемого объекта со всеми его особенностями, приобретёнными в процессе строительства и эксплуатации (деформации, трещины и пр.).

Чаще всего требуется уровень детализации LOD 200 (эскизная или условная геометрия), LOD 300 (точная геометрия – элементы имеют свои истинные размеры) и LOD 400 (модель, готова для возведения сооружения по её данным).

Если требуется более детальная проработка модели (с учётом кривизны элементов, имеющихся деформаций и повреждений), что крайне важно при обследовании, усилении и реконструкции зданий и сооружений, то производится более тщательная работа по формированию модели по облаку точек, что требует большего количества затраченных ресурсов. Если облако точек требуется для получения «ориентировочной» модели (местоположение объектов), то не следует тратить время на проработку деталей на более высоком уровне. Таким, образом, можно сохранить все особенности, деформации и пр. или «сгладить» все эти несовершенства. При этом перед началом работы, необходимо определить допуски по этим «несовершенствам»: например, какими отклонениями можно пренебречь, какие усреднить, а какие оставить без изменений.

Далее производится формирование BIM-модели с учётом всех требований, предъявляемых к ней. При этом каждый элемент модели должен содержать информацию о себе в виде параметров, которая соответствует уровню детализации всей модели. В результате формируется база данных по элементам модели для конкретного сооружения, которая также соответствует принятому уровню детализации.

Крайне важно своевременно осуществлять проверку на коллизии созданной модели. Это лучше делать как по окончании выполнения каждого этапа моделирования, так и модели в целом, а также при работе со смежными специалистами для выявления ошибок на более ранних этапах. Для этого можно использовать следующие программные комплексы: Autodesk Revit [6], Autodesk Civil 3D, Navisworks и различные дополнительные плагины. Существуют и другие программные комплексы, позволяющие разработать качественную BIM-модель [8-20].

На основе полученной модели можно сформировать цифровой двойник сооружения, благодаря которому отслеживать работу отдельных элементов и систем, а также всего сооружения в целом.

Некоторые форматы для работы с облаком точек

- E57 – наиболее распространённый и универсальный формат, используется для работы в большинстве CAD системах (Revit, ArchiCAD, AutoCAD, CloudCompare, ReCap и др.); позволяет сжимать данные, сохраняя цвет, плотность и координаты.

- RCP / RCS – для работы с программами Autodesk (ReCap, Revit, AutoCAD и др.).

- LAS / LAZ (сжатый вариант) – ранее применялся для работы с файлами в областях геодезии и картографии; для просмотра и анализа полученных данных.

- PTS / XYZ / TXT – список координат; удобно использовать для переноса данных.

- LGS (Leica), FLS (FARO), ZFS (Z+F) – форматы производителей сканеров для начальной работы с данными; часто конвертируются в E57.

Программы, не требующие оплаты использования

Autodesk ReCap (Free Viewer). Имеет бесплатную версию. Поддерживает форматы RCP, RCS, E57. Используется для просмотра, измерения, изменения и экспорта облаков точек в другие форматы. Удобен для работы в AutoCAD или Revit.

CloudCompare. Работает с форматами PLY, OBJ, ASC, PTS, LAS, LAZ, XYZ, DP, E57, FBX, DXF, PCD, STL, 3DS, COLLADA, VRML, DXF, SHP, DGN, GML и др, даёт возможность измерять, обрезать, выравнивать, окрашивать облака. Присутствует классификация точек. Работает с открытым кодом доступа ко всем инструментам программы. Позволяет осуществлять как просмотр, так и базовую обработку.

Leica TruView. Работает с разными форматами: E57, LAS, PTS, XYZ и др. Можно измерять, выравнивать, обрезать и окрашивать облака точек.

Leica Cyclone Viewer. Эта версия позволяет только просматривать облака точек, версия Leica Cyclone Viewer Pro предоставляет возможности измерений, маркировки и обмена данными.

«ТИМ КРЕДО 3D ВЬЮВЕР». Предоставляет возможность просмотра облаков в «ТИМ КРЕДО ФОТОГРАММЕТРИЯ» и «ТИМ КРЕДО 3D СКАН», а также в некоторых других системах. Можно работать с облаками, используя удалённый сервер.

Программы, предоставляющие доступ к инструментам только при условии оплаты

IndorCloud. Позволяет просматривать (визуализация производится с возможностями изменения окраски в соответствии с параметрами интенсивности, положения высотных отметок, принадлежности классу или скану, уклона поверхности, предоставляется возможность гамма-коррекции), анализировать (выполнение различных разрезов, измерение расстояний и площадей), обрабатывать (возможность классификации различных видов точек с их отображением разным цветом), импортировать с изменением системы координат (форматы TXT, CSV и LAS, LAZ) облако точек, например, после лазерного сканирования объекта.

NanoCAD «Облака точек» («Нанософт разработка», Россия). Поддерживает форматы LAS, BIN, PTS, PTX, PCD, XYZ, E57, PLY, RCS/RCP, которые активно используются при работе с файлами по результатам лазерного сканирования. Также можно использовать форматы .e57 или .txt. Программа является частью обширного комплекса Nanocad, в результате чего позволяет передавать облако точек в другие модули этого комплекса для дальнейшей работы с ним. Может работать с большими объемами данных. Работа в облачной среде. Позволяет экспортировать массивы данных, используя различные форматы, в том числе в AutoCAD и MicroStation.

«ТИМ КРЕДО 3D СКАН». Может осуществлять обработку как фотограмметрических данных, так и данных, полученных по результатам лазерного сканирования. Помогает при создании цифровой модели местности для инженерных целей. В некоторых случаях может производится автоматическое распознавание рельефа. Подсистема программы «ТИМ КРЕДО». Осуществляет работу с облаками, полученными в результате лазерного сканирования и фотограмметрической обработки. Может работать с большим объёмом данных. Может вести автоматическое распознавание рельефа.

Autodesk Revit. Для работы с облаком точек используются форматы .rcp или .rcs, а также .e57. С ними удобно работать даже при больших объёмах и тяжёлых файлах. Существует возможность объединения сканов (registration), очистки шумов, проверки точности, назначения привязок к системе координат.

Graphisoft Archicad. Позволяет использовать форматы .e57 или .txt. Можно производить привязку элементов модели к облакам точек на плане этажа, в окнах разрезов/фасадов и в 3D-окне.

TerraScan. Разработан компанией TerraSolid. Высокая стоимость полной версии. Присутствует автоматическая классификация точек по разным параметрам, есть большой набор инструментов для работы как с облаком точек целиком, так и с его фрагментами или отдельными точками, а также возможность выделения уровня земли. Основные форматы: ASCII, LAS, LAZ, XYZ, E57, DTM, DSM, DEM.

Civil 3D. Разработка компании Autodesk. Широкие возможности предложенных инструментов. Позволяет отдельно работать с уровнем земли. Форматы для работы: DWG, DGN, LandXML, LAS, E57, DTM, DSM, DEM.

Cyclone. Разработка компании Leica. Высокая стоимость, которая зависит от функционала. Возможность создания уровня земли в виде отдельного слоя. Высокая стоимость. Основные форматы для работы: LAS, LAZ, PTX, PTG, FLX, FLS, FWS, ZFS, ASCII, DTM, DSM, DEM.

Выводы и заключение

Затраты на производство работ по лазерному сканированию, формированию модели и проверки её на коллизии являются достаточно высокими, но они вполне оправдывают себя за счёт существующих преимуществ:

- ручной обмер всегда дороже и требует больше времени на производство работ по сравнению с лазерным сканированием;
- своевременное обнаружение недопустимых деформаций и повреждений;
- снижение рисков переделок, т. к. проводится проверка на коллизии ещё до начала строительства;
- точные спецификации и ведомости элементов и материалов;
- снижение сроков проектирования при получении заготовок чертежей напрямую из модели.

Для получения рабочей BIM-модели, необходимы качественное сканирование, осознанный и обоснованный выбор уровня детализации, опытные и квалифицированные специалисты.

В результате проведённого исследования выявлено, что потребность в обработке облака точек является действительно крайне важной и сложной задачей, которая касается многих отраслей, в том числе и многих областей строительства.

Многие исследованные программы активно развиваются и совершенствуют свой инструментарий для более удобной и быстрой работы с облаком точек без достаточно серьёзной нагрузки на все системы компьютера.

Исследования необходимо продолжить, чтобы отслеживать новейшие изменения и развитие возможностей описанных программ, а также появления новых, и разработать возможные варианты алгоритмов для работы с облаком точек в разных программных комплексах для решения различных конкретных задач.

Литература

1. Осипов А.А., Останин М.А., Климчик А.С. Анализ алгоритмов совместной глобальной локализации устройств смешанной реальности на основе регистрации облаков точек / А.А. Осипов, М.А. Останин, А.С. Климчик // Компьютерные исследования и моделирование. - Т. 15. - № 3. - 2023. - С. 657–674.
2. Крючкова Т.Н., Ефимов А.И. Совмещение трехмерных облаков точек. Итеративный алгоритм ближайших точек / Т.Н. Крючкова, А.И. Ефимов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - № 11. - 2023. - С. 203-209.
3. Горобцов С.Р. Анализ отечественного программного обеспечения для обработки данных лазерного сканирования / С.Р. Горобцов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. - Т. 1. - № 1. - 2023. - С. 65-72.
4. Дьяченко Р.А., Гура Д.А., Беспятчук Д.А., Самарин С.В., Андрющенко А.В. Разработка методики классификации точек лазерного отражения на основе программного обеспечения Bentley Microstation / Р.А. Дьяченко, Д.А. Гура, Д.А. Беспятчук, С.В. Самарин, А.В. Андрющенко // Научные труды КубГТУ. - № 1. - 2023. - С. 28–35.
5. Гура Д.А., Дьяченко Р.А., Андрющенко А.В., Арутюнян В.А. К вопросу выделения уровня земли из облака точек с применением современного специализированного программного обеспечения / Д.А. Гура, Р.А. Дьяченко, А.В. Андрющенко, В.А. Арутюнян // Научные труды КубГТУ. - № 3. - 2023. - С. 106–119.
6. Выстрчил М.Г., Балтыжакова Т.И., Савина А.В. Алгоритм оценки точности полигональных TIN-поверхностей, получаемых из разреженных облаков точек / М.Г. Выстрчил, Т.И. Балтыжакова, А.В. Савина // Вестник СГУГиТ. - Т. - 29. - № 3. - 2024. - С. 5-19.
7. Гришин И.А., Терехов В.И. Методы обработки данных лазерного сканирования для разделения участка местности с использованием искусственного интеллекта / И.А. Гришин, В.И. Терехов // «Информационно-аналитические и интеллектуальные системы для производства и социальной сферы»: Материалы II Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых. – 2024. - С. 74-82.
8. Калинова Е.В., Князева Д.А., Синельщиков О.А. Технология создания 3Д модели макета в Revit Architecture по облаку точек / Е.В. Калинова, Д.А. Князева, О.А. Синельщиков // Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития: Сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. - 2025. - С. 162-166.
9. Щенявская Л.А., Гура Д.А., Захарова Е.С., Сафонова У.Н., Фоменко Л.Ю. Исследование функциональных возможностей программного обеспечения Cloudcompare в целях создания поверхности объектов недвижимости / Л.А. Щенявская, Д.А. Гура, Е.С. Захарова, У.Н. Сафонова, Л.Ю. Фоменко // Астраханский вестник экологического образования. - №4(82). - 2024. - С. 64-69.
10. Голомедов А.Р., Зинкевич А.В. Разработка системы для задачи 3D-реконструкции реальных объектов на базе 2D-лидара / А.Р. Голомедов, А.В. Зинкевич // Вестник ТОГУ. - №3(74). - 2024. - С. 57-64.
11. Маковецкий А.Ю., Кобер В.И., Воронин С.М., Воронин А.В., Карнаухов В.Н., Мозеров М.Г. Нейросетевой алгоритм регистрации трехмерных облаков точек, использующий виртуальные точки / А.Ю. Маковецкий, В.И. Кобер, С.М. Воронин, А.В. Воронин, В.Н. Карнаухов, М.Г. Мозеров // Информационные процессы. - Т25. - №1. - 2025. С. 25–34.
12. Исупов Н.С., Фомин Н.И. Основные проблемы в работе с файлами формата STL при подсчете объема материала по облаку точек / Н.С. Исупов, Н.И. Фомин // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. - 2025. - С. 91-96.
13. Павлов И.В., Сергунцов В.И. Методика создания обмерных чертежей объектов культурного наследия по данным наземного лазерного сканирования / И.В. Павлов, В.И. Сергунцов // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. - Т1. - №1. - 2025. - С. 121-127.
14. Решетникова Н.Н., Кухарь М.А. 3D-моделирование технических объектов сложных форм на основе фотограмметрии / Н.Н. Решетникова, М.А. Кухарь // Обработка, передача и защита информации в компьютерных системах‘24: Сборник докладов Четвертой Международной научной конференции. - 2024. - С. 203-206.
15. Бильдюк Е.В. Применение Python для формирования облака точек, имитирующего ортофотоплан, на основе геодезических данных гранитного карьера Микашевичи / Е.В. Бильдюк // Цифровые технологии в промышленности. - Т3. - №4. - 2025. - С. 67-70.
16. Копченко Е.А., Романова А.А., Цветкова А.Д. Современные программное обеспечение для создания цифровых моделей объектов недвижимости на основе данных трехмерного лазерного сканирования / Е.А. Копченко, А.А. Романова, А.Д. Цветкова // Вестник МИИГАИК: Сборник научных статей по материалам 80-ой научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Международная студенческая неделя науки СНН-2025. - 2026. - С. 251-255.
17. Шевелина И.В., Абишев К.Б., Демидова А.В. Использование мобильного лазерного 3D-сканера «Л-СКАН НАНО» в городских озеленительных посадках / И.В. Шевелина, К.Б. Абишев, А.В. Демидова // Вигоровские чтения: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию Уральского сада лечебных культур им. профессора Л.И. Вигорова. - 2025. - С. 268-273.
18. Мсаллам М., Сырямкин В.И. Методика регистрации 3Д облаков точек с использованием коррекции плоскостей и корреляции и гистограмм / М. Мсаллам, В.И. Сырямкин // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. - №1(61). - 2023. - С. 73-89.
19. Сырых А.С., Медведев С.Н. Сравнительный анализ алгоритмов реконструкции поверхности из облака точек / А.С. Сырых, С.Н. Медведев // Международный научно-исследовательский журнал. - №12(138). - 2023.
20. Глумова Е.С., Серова М.А. Исследование алгоритмов фильтрации облака точек для помехоустойчивой реконструкции поверхности / Е.С. Глумова, М.А. Серова // Труды международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». - 2023. - С. 988-998.

Features of working with a cloud of points in modern software systems

Guryeva Yu.A.
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article analyzes the specifics of working with point clouds. It briefly describes the capabilities of working with point cloud datasets, including their fragments and individual points, provided by various software packages. It also explores the capabilities of working with point clouds obtained from laser scanning of buildings, structures, as well as elements and components. This article briefly describes the classification of models (according to their levels of detail) that can be created based on the processing of point cloud data obtained from laser scanning of an object. Several software packages are presented that enable high-quality processing of such point clouds and their transfer for further processing in other software packages. The levels of detail of a BIM model that

can be generated based on point cloud data in the software packages under consideration are presented. The capabilities of several well-established programs (both free and paid) for working with 3D point arrays are analyzed and briefly described. Their main characteristics and requirements are provided.
Keywords: point cloud, laser scanning, information modeling, BIM model, digital twin.

References

1. Osipov A.A., Ostanin M.A., Klimchik A.S. Analysis of mixed reality cross-device global localization algorithms based on point cloud registration / A.A. Osipov , M.A. Ostanin , A.S. Klimchik // Computer research and modeling. – 2023. -V15. - N3. - 657–674 p.
2. Kriuchkova T.N., Efimov A.I. Point-cloud superimposition. Iterative closest point algorithm / T.N. Kriuchkova, A.I. Efimov // Proceedings of Tula State University. Technical Sciences – 2023. - N11. - 203-209 p.
3. Gorobtsov S.R. Analysis of domestic software for processing laser scanning data / S.R. Gorobtsov // INTEREXPO GEO-SIBIR. – 2023. - V1. - N1. - 65–72 p.
4. Dyachenko R.A., Gura D.A., Bespyatchuk D.A., Samarin S.V., Andryushchenko A.V. Development of a laser reflection point classification method based on Bentley Microstation Software / R.A. Dyachenko , D.A. Gura , D.A. Bespyatchuk , S.V. Samarin , A.V. Andryushchenko // Scientific works of KubSTU. – 2023. - N1. - 28-35 p.
5. Gura D.A., Dyachenko R.A., Andryushchenko A.V., Arutyunyan V.A. On the issue of the allocation of the ground level from the point cloud using modern specialized software / D.A. Gura , R.A. Dyachenko , A.V. Andryushchenko , V.A. Arutyunyan // Scientific works of KubSTU. – 2023. - N3. - 106-119 p.
6. Vystrchil M.G., Baltyzhakova T.I., Savina A.V. Algorithm for assessing the accuracy of polygonal tin surfaces, obtained from sparse point clouds / M.G. Vystrchil , T.I. Baltyzhakova , A.V. Savina // Bulletin SGUGT. – 2024. - V29. - N3. - 5-19 p.
7. Grishin I.A., Terekhov V.I. Methods for processing laser scanning data to divide an area using artificial intelligence / I.A. Grishin, V.I. Terekhov // Materials of the II All-Russian Interuniversity Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Information, analytical, and intelligent systems for production and the social sphere». - 2024. - P. 74-82.
8. Kalinova E.V., Knyazeva D.A., Sinelshchikov O.A. Technology for creating a 3D layout model in Revit Architecture using a point cloud / E.V. Kalinova, D.A. Knyazeva, O.A. Sinelshchikov // Collection of scientific articles based on the materials of the XVI International Scientific and Practical Conference «Scientific research in the modern world: experience, challenges, and development prospects». - 2025. - P. 162-166.
9. Shchenyavskaya L.A., Gura D.A., Zakharova E.S., Safonova U.N., Fomenko L.Yu. Study of the functionalities of Cloudcompare software for the purpose of creating the surface of real estate objects / L.A. Shchenyavskaya, D.A. Gura, E.S. Zakharova, U.N. Safonova, L.Yu. Fomenko // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. – 2024. - N4(82). – P. 64-69.
10. Golomedov A.R., Zinkevich A.V. Development of a system for 3D reconstruction of real objects based on 2D lidar / A.R. Golomedov , A.V. Zinkevich // Bulletin TOGU. – 2024. - N3(74). – P. 57-64.
11. Makovetskii A., Kober V., Voronin S., Voronin A., Karnaukhov V., Mozerov M. Neural network algorithm to 3D point cloud registration using virtual points / A. Makovetskii, V. Kober, S. Voronin, A. Voronin, V. Karnaukhov, M. Mozerov // Information processes. – 2025. - V1. - N1. – P. 25–34.
12. Isupov N.S., Fomin N.I. Main problems in working with STL format files when calculating the volume of material using a point cloud / N.S. Isupov, N.I. Fomin // Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference «BIM-modeling in the tasks of construction and architecture». - 2025. - P. 91-96.
13. Pavlov I.V., Serguncov V.I. The technique for creating dimensional drawings of cultural heritage objects based on the terrestrial laser scanning data / I.V. Pavlov, V.I. Serguncov // INTEREXPO GEO-SIBIR. – 2025. - V1. - N1. – P. 121-127.
14. Reshetnikova N.N., Kukhari M.A. 3D Modeling of Technical Objects of Complex Shapes Based on Photogrammetry / N.N. Reshetnikova, M.A. Kukhari // Collection of papers of the Fourth international scientific conference «Processing, Transmission, and Protection of Information in Computer Systems‘24». - 2024. - P. 203-206.
15. Bildyuk E.V. Application of Python for generating a point cloud replacing the orthophoto plan based on geodetic data of the Mikashevichi granite quarry / E.V. Bildyuk // Digital technologies in industry. – 2025. - V3. - N4. - P. 67-70.
16. Kopchenko E.A., Romanova A.A., Tsvetkova A.D. Modern software for creating digital models of real estate objects based on three-dimensional laser scanning data / E.A. Kopchenko, A.A. Romanova, A.D. Tsvetkova // Bulletin of MIIGAIK: Collection of scientific articles based on the materials of the 80th scientific and technical conference of students, postgraduate students, and young scientists. International Student Science Week SNN-2025. - 2026. - P. 251-255.
17. Shevelina I.V., Abishev K.B., Demidova A.V. Use of the L-SCAN NANO mobile laser 3D scanner in urban landscaping plantings / I.V. Shevelina, K.B. Abishev, A.V. Demidova // Proceedings of the all-russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated to the 75th anniversary of the ural garden of medicinal plants named after professor L.I. Vigorov «Vigorov Readings». - 2025. - P. 268-273.
18. Msallam M., Syryamkin V.I. A method for 3D point cloud registration using plane correction and histogram correlation / M. Msallam, V.I. Syryamkin / Caspian journal: management and high technology. – 2023. - N1(61). – P. 73-89.
19. Sirikh A.S., Medvedev S.N. A comparative analysis of algorithms for surface reconstruction from a point cloud / A.S. Sirikh, S.N. Medvedev // International research journal. – 2023. - N12(138).
20. Glumova E.S., Serova M.A. Investigation of point cloud filtering algorithms for robust surface reconstruction / E.S. Glumova, M.A. Serova // Proceedings of the international conference on computer graphics and vision "Graphicon". - 2023. - P. 988-998.

Факторы трансформации архитектуры аграрных объектов России

Дрёмин Валерий Дмитриевич
студент, направление «Архитектура», кафедра архитектуры, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), valerijdremin@gmail.com

Введение: российская аграрная архитектура находится в фазе системной перестройки, вызванной изменением организационной структуры агропромышленного комплекса, цифровизацией производства, экологическими требованиями и трансформацией сельского расселения. Цель исследования — выявить факторы, определяющие изменение архитектуры аграрных объектов России, и установить их связь с современными функционально-планировочными решениями.
Материалы и методы: выполнен обзор 25 научных публикаций 2021–2026 гг., нормативных и статистических материалов, применены методы контент-анализа, сравнительно-типологического анализа, факторной группировки, уровневого анализа и матричного сопоставления «фактор — архитектурное следствие».
Результаты: выделены шесть групп факторов трансформации: экономико-организационные, технологические, экологические, социально-демографические, территориально-нормативные и культурно-коммуникативные. Установлено, что их совместное действие приводит к переходу от изолированных специализированных корпусов к интегрированным агропроизводственным комплексам, от жесткой типизации — к модульности и адаптивности, от линейной производственной логики — к логистически оптимизированным и роботизированным схемам, от нейтральной промышленной оболочки — к энергоэффективной, ландшафтно согласованной и общественно значимой архитектуре. Определены пять уровней проявления факторов — территориальный, генпланировочный, объемно-планировочный, инженерно-конструктивный и образно-коммуникативный — и три типологических сценария развития: индустриально-концентрированный, адаптивно-фермерский и агропарковый. Показано, что в России интенсивность преобразований неодинакова: крупные агрохолдинги ускоряют стандартизацию и укрупнение объектов, тогда как периферийные и северные территории требуют большей климатической адаптации, автономности и гибкости. Научная новизна состоит в сведении разнонаправленных отраслевых воздействий в единую архитектурную модель.
Выводы: предложенная модель может использоваться при предпроектном анализе, проектировании новых комплексов, реконструкции действующих предприятий и формировании научно-образовательных агропарков.
Ключевые слова: аграрная архитектура, сельскохозяйственные объекты, агропромышленный комплекс, агрохолдинги, цифровизация, устойчивое проектирование, сельские территории, трансформация типологии, реконструкция, агротехнопарк.

Введение

Аграрные объекты традиционно относились к наиболее устойчивым типам производственной архитектуры, поскольку их планировочная структура длительное время определялась технологией содержания животных, хранения и переработки продукции, санитарными разрывами и сезонностью работ. Однако в последние десятилетия агропромышленный комплекс России изменился не только количественно, но и организационно: усилилась роль крупных агрохолдингов, возросло значение глубокой переработки, логистики, биобезопасности и цифрового контроля производственных процессов [1–4]. Эти изменения поставили под вопрос применимость прежней модели сельскохозяйственного предприятия как набора изолированных специализированных корпусов.

Современная литература фиксирует несколько разнонаправленных процессов. Российские исследования обращают внимание на рост потребности в мобильных и трансформируемых зданиях, на поиск новых объемно-планировочных схем, на климатическую специфику северных территорий и на влияние организационных изменений в сельском хозяйстве на пространственную структуру производства [1, 2, 5–8]. Зарубежные работы акцентируют переход к устойчивым фермерским комплексам, сокращение углеродного следа животноводческих зданий, интеграцию аграрных объектов в ландшафт, адаптивное использование сельского наследия и роль цифровых технологий в зеленой трансформации отрасли [9–21].

Несмотря на значительный массив исследований, проблема обычно рассматривается фрагментарно: технологические работы анализируют отдельные строительные решения, социально-экономические — структуру агропроизводства, экологические — энергоэффективность и ресурсосбережение, а архитектурные — отдельные типы зданий. Между тем для проектирования необходима целостная модель, которая объясняла бы, какие именно факторы вызывают изменение архитектуры аграрных объектов и как они проявляются в планировке, конструктивной системе, инженерной инфраструктуре и образе комплекса.

Актуальность исследования обусловлена тем, что российские сельские территории одновременно испытывают давление укрупнения производства, сокращения трудовых ресурсов, изменения климата, рост требований к экологичности и необходимость обновления материальной базы. Стратегия пространственного развития Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2036 г. закрепляет значение опорных населенных пунктов и сбалансированной территориальной организации [26], а официальные материалы Росстата фиксируют продолжающееся снижение численности сельского населения [27]. В этих условиях архитектура аграрных объектов становится не только отраслевой, но и градостроительной задачей.

Цель исследования — выявить и систематизировать факторы трансформации архитектуры аграрных объектов России, а также определить обусловленные ими архитектурные изменения. Рабочая гипотеза состоит в том, что современная трансформация аграрной архитектуры определяется не одним ведущим фактором, а взаимодействием шести групп воздействий; именно их сочетание вызывает переход от монофункционального производственного объекта к гибкому, технологически насыщенному и территориально интегрированному комплексу.

Особенность российской ситуации состоит в наложении нескольких фаз модернизации. На одном полюсе находятся высокоиндустриальные предприятия с крупными объемами выпуска, стандартизированными технологическими линиями и централизованным управлением. На другом — фермерские хозяйства, перерабатывающие мастерские, учебно-опытные площадки и смешанные аграрно-рекреационные объекты, для которых решающими становятся поэтапное развитие, адаптация к местным ресурсам и возможность совмещения производственных, образовательных и общественных функций. Поэтому изменение аграрной архитектуры не может быть описано единой траекторией «от старого к новому»: в разных секторах формируются различные пространственные модели, требующие отдельного проектного инструментария [1, 9, 22–24].

Для архитектурного анализа принципиально важно различать не только виды производства, но и масштаб объектов. Крупный животноводческий комплекс, фермерская усадьба, тепличный комбинат, зернохранилище, агротехнопарк и объект городского фермерства имеют различную степень открытости, санитарные режимы, зависимость от транспортной инфраструктуры и характер взаимодействия с поселением. Однако все они включены в общую систему преобразований: рост глубины

переработки усиливает значение складских и логистических зон; цифровизация требует технических помещений, серверной и диспетчерской инфраструктуры; экологическая повестка вводит в состав комплекса сооружения водооборота, обращения с отходами и возобновляемой энергетики; общественный запрос на локальную идентичность повышает роль демонстрационных, туристических и образовательных пространств [4, 11, 13, 17–21, 25].

В отличие от большинства промышленных предприятий, аграрный объект связан с живыми производственными процессами: микроклиматом для животных и растений, сезонностью, биобезопасностью, санитарными потоками и ландшафтным контекстом. Поэтому архитектурная трансформация затрагивает не только корпус здания, но и режим территории, структуру транспортных связей, инженерную оболочку, визуальное восприятие и сценарии пребывания человека. Именно это обстоятельство делает аграрные объекты показательным полем для исследования взаимосвязи технологической модернизации и архитектурной формы [11, 19–21].

Материалы и методы

Исследование выполнено как обзорно-аналитическая работа. В информационную базу включены 25 научных публикаций 2021–2026 гг., из которых более половины относятся к 2023–2026 гг., а более половины опубликованы на английском языке. Для уточнения контекста использованы нормативные документы и официальные статистические материалы, вынесенные в затекстовые сноски. Критериями включения источников были: наличие связи с архитектурой аграрных объектов, пространственной организацией сельского хозяйства, цифровизацией, устойчивым проектированием, реконструкцией сельского наследия и климатической адаптацией.

Методика включала четыре этапа. На первом этапе проведен контент-анализ публикаций с выделением повторяющихся причин изменений. На втором этапе применен сравнительно-типологический метод, позволивший сопоставить традиционные и современные признаки аграрных объектов. На третьем этапе использована факторная группировка, в результате которой частные воздействия были объединены в шесть укрупненных блоков. На четвертом этапе построена матрица «фактор — архитектурное следствие», связывающая внешние изменения с конкретными решениями: компоновкой, гибкостью, инженерным оснащением, ландшафтной интеграцией и функциональной программой.

Воспроизводимость метода обеспечивается открытой логикой отбора литературы и возможностью повторить классификацию на расширенной выборке. Ограничение исследования состоит в том, что работа не претендует на статистическое измерение вклада каждого фактора; ее задача — сформировать архитектурно интерпретируемую модель, пригодную для дальнейшей верификации на материале конкретных регионов и типов предприятий.

Единицами анализа служили не отдельные строительные элементы, а повторяющиеся архитектурно-планировочные признаки: тип компоновки, характер функционального блокирования, схема потоков, степень модульности, состав инженерных систем, способ взаимодействия с ландшафтом и наличие общественных функций. Такой выбор позволил перейти от простого перечисления отраслевых изменений к установлению проектных закономерностей, применимых к различным типам аграрных объектов.

Результаты исследования

Анализ источников показал, что архитектура аграрных объектов России изменяется под воздействием шести взаимосвязанных групп факторов. Они различаются по происхождению, но сходятся в одном результате: сельскохозяйственное здание перестает быть только оболочкой технологического процесса и становится элементом сложной производственно-территориальной системы. Сводная матрица факторов и проектных ответов представлена в табл. 1.

Систематизация выделенных групп факторов и их архитектурных следствий приведена в табл. 1.

1. Экономико-организационные факторы. К данной группе относятся концентрация производства, распространение агрохолдингов, интеграция выращивания, хранения, переработки и сбыта, а также рост требований к управляемости потоков. Работы по территориальной организации сельского хозяйства показывают, что деятельность крупных компаний меняет размещение активов и усиливает пространственную концентрацию производства [1]. Для архитектуры это означает укрупнение площадок, развитие комплексных генеральных планов, появление единых логистических узлов, блокирование функций и необходимость проектировать предприятие как масштабируемую систему, а не как набор независимых зданий.

Таблица 1

Матрица факторов трансформации архитектуры аграрных объектов России

Группа факторов / Factor group	Проявление / Manifestation	Архитектурное следствие / Architectural consequence	Проектный ответ / Design response
Экономико-организационные / Economic and organizational	Укрупнение бизнеса, интеграция цепочек / Enlargement, integration of chains	Комплексность, блокирование функций / Integrated complexes, functional blocking	Масштабируемый генплан, логистическое ядро / Scalable master plan, logistics core
Технологические / Technological	Роботизация, цифровой контроль / Robotics, digital control	Новые маршруты, диспетчеризация / New routes, dispatching	Модульность, сервисные зоны, ИТ-инфраструктура / Modularity, service zones, IT infrastructure
Экологические / Environmental	Энергоэффективность, отходы, вода / Energy efficiency, waste, water	Замкнутые циклы, инженерная автономия / Closed cycles, engineering autonomy	Биогаз, ВИЭ, водооборот / Biogas, renewables, water recirculation
Социально-демографические / Socio-demographic	Дефицит кадров, смена занятости / Labor shortage, employment change	Сокращение ручных операций, общественные функции / Fewer manual operations, public functions	Эргономика, обучение, демонстрационные блоки / Ergonomics, training, demonstration blocks
Территориально-нормативные / Territorial and regulatory	Санитарные режимы, биобезопасность, расселение / Sanitary regimes, biosecurity, settlement	Зонирование, транспортные и санитарные разрывы / Zoning, transport and sanitary gaps	Иерархия потоков, учет регионального контекста / Flow hierarchy, regional context
Культурно-коммуникативные / Cultural and communicative	Наследие, агротуризм, идентичность / Heritage, agritourism, identity	Расширение функций, ландшафтная интеграция / Functional expansion, landscape integration	Адаптивное использование, общественные пространства / Adaptive reuse, public spaces

2. Технологические факторы. Роботизация, автоматизированное кормление, цифровой мониторинг, сенсорные системы, 3D-моделирование и новые конструктивные решения требуют иной пространственной логики. Современные исследования подчеркивают роль трансформируемых зданий, круглых планов, модульности и новых строительных технологий [5–7]. Цифровизация агропромышленного комплекса, поддерживаемая на государственном уровне [28], усиливает спрос на помещения для серверной инфраструктуры, диспетчеризации, точного микроклимата и безопасного обслуживания оборудования. Планировка становится более зависимой от траекторий техники, чистых и грязных потоков, сетевой связности и возможности оперативной перестройки.

3. Экологические и климатические факторы. Ужесточение требований к энергоэффективности, сокращению выбросов, обращению с навозом, водосбережению и автономности влияет на конструктивную и инженерную оболочку объектов. Зарубежные исследования демонстрируют, что устойчивый фермерский комплекс все чаще проектируется как замкнутый ресурсный цикл с биогазовой установкой, возобновляемыми источниками энергии и минимизацией отходов [10, 11, 19, 20]. Для России особое значение имеет климатическая дифференциация: в северных регионах архитектура АПК должна отвечать на длительный отопительный сезон, снеговые нагрузки, транспортную удаленность и потребность в высокой автономности [8].

4. Социально-демографические факторы. Сокращение и старение сельского населения, дефицит кадров и изменение структуры занятости повышают ценность автоматизации и качества рабочей среды. Исследования трудовых ресурсов в сельской местности России показывают несовпадение географии агропроизводства и расселения, особенно в районах пространственного сжатия [2]. Архитектурным следствием становится сокращение трудоемких маршрутов, улучшение санитарно-бытовых условий, появление учебных, демонстрационных и общественных функций, а в перспективе — развитие научно-образовательных агропарков как точек притяжения специалистов.

5. Территориально-нормативные факторы. Нормативные документы по планировочной организации сельскохозяйственных предприятий и по проектированию животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий и помещений прямо ориентируют проектирование на концентрацию объектов, сокращение коммуникаций и учет реконструкции существующих площадок. Следовательно, современный аграрный объект должен рассматриваться одновременно в масштабе участка, сельского поселения и региональной производственной сети.

6. Культурно-коммуникативные факторы. К ним относятся рост интереса к сельскому наследию, агротуризму, демонстрационным функциям, локальной идентичности и ландшафтной интеграции. Зарубежные исследования показывают, что сельскохозяйственные постройки могут

становиться ресурсом регенерации территории и формировать новые сценарии использования [12, 14, 15]. Для России данная группа факторов пока проявляется неравномерно, но именно она переводит аграрный объект из категории закрытой производственной зоны в более сложный тип — объект, сочетающий производство, образование, показ технологий и репрезентацию региона.

Сопоставление факторов показывает, что трансформация происходит не по одной линейной траектории. В крупных агрохолдингах доминируют стандартизация, укрупнение и цифровое управление; в фермерском секторе — гибкость, модульность и экономия капитальных затрат; в северных и периферийных территориях — автономность и климатическая устойчивость; в пригородных зонах — смешение производственных, образовательных и общественных функций. Таким образом, один и тот же фактор может иметь разные архитектурные последствия в зависимости от регионального контекста.

На основе анализа выделены пять устойчивых архитектурных сдвигов. Первый — переход от отдельных специализированных корпусов к комплексам с интегрированными логистическими и инженерными связями. Второй — замена жесткой типизации модульными схемами, позволяющими наращивать мощности и менять технологию без полной реконструкции [5, 6]. Третий — усиление роли цифровой инфраструктуры, вследствие чего помещения управления, мониторинга и сервисного обслуживания становятся обязательной частью производственного ядра [4, 16–18]. Четвертый — экологизация оболочки и участка, выраженная в энергосбережении, локальной переработке отходов, водообороте и снижении углеродной нагрузки [10, 11, 19, 20]. Пятый — расширение функциональной программы за счет научных, образовательных, демонстрационных и туристических элементов [12, 14, 15, 25].

Полученные результаты позволяют предложить факторную модель трансформации аграрной архитектуры России: внешние отраслевые изменения формируют набор требований; требования переводятся в архитектурные параметры; совокупность параметров образует новый типологический профиль объекта. При проектировании это означает необходимость начинать не с выбора готового типового решения, а с диагностики факторного поля конкретной площадки.

Уровни проявления факторов и соответствующие проектные ответы представлены в табл. 2.

Таблица 2
Уровни проявления факторов трансформации и проектные ответы

Уровень / Level	Факторы / Factors	Архитектурное проявление / Architectural manifestation	Проектный ответ / Design response
Территориальный / Territorial	Экономико-организационные, нормативные / Economic-organizational, regulatory	Площадка, связи с расселением и транспортом / Site, settlement and transport links	Логистика, автономность, резервы роста / Logistics, autonomy, growth reserves
Генпланировочный / Master-planning	Технологические, экологические / Technological, environmental	Потоки, санитарное зонирование, блокирование / Flows, sanitary zoning, blocking	Разведение маршрутов, ядро, этапность / Separated routes, core, staging
Объемно-планировочный / Space-planning	Технологические, социальные / Technological, social	Модульность, трансформируемость, сервис / Modularity, transformability, service zones	Пролеты, блоки, резерв оборудования / Spans, blocks, equipment reserve
Инженерно-конструктивный / Engineering and structural	Экологические, климатические / Environmental, climatic	Микроклимат, водооборот, отходы / Microclimate, water recirculation, waste	Инженерия, ВИЭ, низкоуглеродные решения / Engineering, renewables, low-carbon solutions
Образно-коммуникативный / Image-communicative	Культурные, социальные / Cultural, social	Ландшафт, общественные функции / Landscape, public functions	Маршруты, адаптация, идентичность / Routes, reuse, identity

На основании выявленных закономерностей можно выделить три типологических сценария развития аграрных объектов. Первый — индустриально-концентрированный сценарий. Он характерен для крупных агрохолдингов, животноводческих и птицеводческих комплексов, тепличных комбинатов, зерновых терминалов и перерабатывающих площадок. Для него типичны большие производственные мощности, стандартизированные блоки, высокая степень механизации, развитая логистика и жесткое санитарное зонирование. Архитектурная ценность такого сценария определяется качеством генерального плана, рациональностью потоков, энергоэффективностью и возможностью масштабирования.

Второй сценарий — адаптивно-фермерский. Он относится к малым и средним хозяйствам, семейным предприятиям, объектам локальной переработки и смешанным производственным усадьбам. Здесь более значимы низкая стоимость этапного строительства, гибкость состава помещений, возможность совмещения хранения, переработки и торговли, а также адаптация к ландшафту и местным материалам. Для данного сценария особенно перспективны модульные конструкции, мобильные здания и реконструкция существующего сельского фонда [5, 12, 21, 22].

Третий сценарий — агропарковый. Он формируется на стыке производства, науки, образования, туризма и демонстрации технологий. В его составе могут сочетаться исследовательские лаборатории, учебные фермы, теплицы, общественные пространства, выставочные маршруты, опытные поля и малая переработка. Такой объект не только производит продукцию, но и транслирует знания, поддерживает бренд территории и вовлекает жителей в современную аграрную культуру. Для агропаркового сценария особенно важны разделение посетительских и технологических потоков, выразительная общественная зона и возможность показа производственного процесса без нарушения биобезопасности [14, 17, 23, 25].

Заключение и обсуждение

1. Проведенное исследование подтвердило многофакторный характер трансформации архитектуры аграрных объектов России. Ключевыми группами факторов выступают экономико-организационные, технологические, экологические, социально-демографические, территориально-нормативные и культурно-коммуникативные воздействия.

2. Установлено, что совместное действие этих факторов переводит аграрные объекты от набора изолированных специализированных зданий к гибким, цифрово управляемым, инженерно насыщенным и территориально интегрированным комплексам.

3. Научный результат работы состоит в разработке факторной модели, связывающей изменения агропромышленного комплекса с конкретными архитектурными параметрами: генеральным планом, внутренней структурой здания, инженерной оболочкой, логистикой, модульностью и общественными функциями.

4. Для проектной практики предложено проводить предпроектную диагностику факторного поля площадки, определять доминирующий типологический сценарий, предусматривать модульность, цифровую инфраструктуру, безопасное разделение потоков и возможность модернизации без остановки производства.

5. Для реконструкции существующих предприятий факторная модель может использоваться как диагностический инструмент: сначала выявляются ограничения территории и здания, затем определяется глубина модернизации и выбирается сценарий адаптации, частичной замены корпусов или формирования нового комплекса.

6. Перспективы дальнейших исследований связаны с созданием базы реализованных российских объектов, сравнением климатических зон, организационных моделей хозяйства, планировочных решений и эксплуатационных показателей для перехода от качественной типологии к прикладным региональным рекомендациям.

Литература

1. Морачевская К.А., Лыжина Е.А., Себенцов А.Б., Карпенко М.С. Адаптация территориальной организации сельского хозяйства периферийного региона к деятельности агрохолдингов // Балтийский регион. 2024. Т. 16. № 4. С. 121–144. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-4-6.

2. Нефедова Т.Г. Трансформация сельского хозяйства России и проблемы трудовых ресурсов в сельской местности // Экономические и социальные проблемы России. 2025. № 2. С. 137–155. DOI: 10.31249/espr/2025.02.07.

3. Евстафьева А.Х., Боровских О.Н. Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 11. DOI: 10.26726/rpre2024v11csadp.

4. Лепехина Ю.А., Грасс Е.Ю. Состояние, основные тренды и проблемы цифрового развития агропромышленного комплекса Российской Федерации // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 10 (148). С. 1–10. DOI: 10.60797/IRJ.2024.148.71.

5. Синянский И.А., Кошкин А.К., Леоненко И.А. Предложения по архитектурно-планировочным, конструктивным и экономическим решениям мобильных зданий для агропромышленного комплекса // Системные технологии. 2023. № 4 (49). С. 120–126.

6. Синянский И.А., Кошкин А.К., Леоненко И.А. Анализ и предложения по объемно-планировочным и конструктивным решениям круглых в плане сельскохозяйственных зданий // Системные технологии. 2024. № 4. С. 190–194.

7. Сальников С.С., Пугин К.Г. Современные технологии и машины для строительства сельскохозяйственных зданий // Перспективы развития науки в современном мире. 2024. С. 648–657.

8. Мордвов А.А., Жехов С.Д. Актуальность развития архитектуры агропромышленных комплексов на Крайнем Севере Российской Федерации // Магистерские слушанья. 2024. С. 127–134. DOI: 10.24412/cl-37280-2024-1-127-134.

9. Rouquier O., Perrin C., Pouzenc M., Olivier-Salvagnac V. Farm buildings and agri-food transitions in Southern France: Mapping dynamics using a stakeholder-based diagnosis // Geography and Sustainability. 2024. Vol. 5. No. 1. Pp. 108–120. DOI: 10.1016/j.geosus.2023.10.003.

10. Medić K.Ć., Čeh A., Milinković A., Vunjak D. Design of Sustainable Farm Complex—A Case Study of Farm in Vojvodina, Republic of Serbia // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 24. Article 11356. DOI: 10.3390/su172411356.

11. Isola D., Bigiotti S., Marucci A. Livestock Buildings in a Changing World: Building Sustainability Challenges and Landscape Integration Management // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 12. Article 5644. DOI: 10.3390/su17125644.

12. Komarzyńska-Świeściak E., Wancel A.A. Reintegrating Marginalized Rural Heritage: The Adaptive Potential of Barn Districts in Central Europe's Cultural Landscapes // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 15. Article 7166. DOI: 10.3390/su17157166.

13. Gullino P., Battisti L., Novelli S., Frontuto V., Corsi A., Devecchi M., Larcher F. The landscape impact of agricultural sheds in rural UNESCO site: Public preferences and mitigation solutions // Environmental Science & Policy. 2023. Vol. 140. Pp. 232–241. DOI: 10.1016/j.envsci.2022.12.009.

14. Huan Y., Wang H., Chen J. Urban agriculture as a landscape approach for sustainable urban planning: An example of Songzhuang, Beijing // Frontiers in Sustainable Cities. 2024. Vol. 6. Article 1330292. DOI: 10.3389/frsus.2024.1330292.

15. Yuan Y., Guo X., Shen Y. Digitalization Drives the Green Transformation of Agriculture-Related Enterprises: A Case Study of A-Share Agriculture-Related Listed Companies // Agriculture. 2024. Vol. 14. No. 8. Article 1308. DOI: 10.3390/agriculture14081308.

16. Meng Y., Li D. Digital Pathways to Sustainable Agriculture: Examining the Role of Agricultural Digitalization in Green Development in China // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 8. Article 3652. DOI: 10.3390/su17083652.

17. Manta A.G. From Sustainability Narratives to Digital Infrastructures: Mapping the Transformation of Smart Agri-Food Systems // Foods. 2026. Vol. 15. No. 3. Article 469. DOI: 10.3390/foods15030469.

18. Kostić M., et al. Digital and Green Technological Drivers of Transformation in the Agri-Food Sector // Foods. 2026. Vol. 15. No. 6. Article 1081. DOI: 10.3390/foods15061081.

19. Erekalo K.T., Pedersen S.M., Christensen T., Denver S., Gemtou M., Fountas S., Isakhanyan G. Review on the contribution of farming practices and technologies towards climate-smart agricultural outcomes in a European context // Smart Agricultural Technology. 2024. Vol. 7. Article 100413. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100413.

20. Liu H., Wang Z., Du X., Qi F., Wang C., Shi Z. Decarbonizing Agricultural Buildings: A Life-Cycle Carbon Emissions Assessment of Dairy Barns // Agriculture. 2025. Vol. 15. No. 15. Article 1645. DOI: 10.3390/agriculture15151645.

21. Picuno P. Farm Buildings as Drivers of the Rural Environment // Frontiers in Built Environment. 2022. Vol. 8. Article 693876. DOI: 10.3389/fbuil.2022.693876.

22. Бубенчиков Э.А. Архитектурно-планировочная организация крестьянских (фермерских) хозяйств в условиях социально-экономических преобразований в России: современные тенденции и перспективы развития фермерских хозяйств // Архитектура и дизайн. 2022. № 1. С. 26–39. DOI: 10.7256/2585-7789.2022.1.38026.

23. Крылова М.К. Архитектурные решения агропромышленных кластеров и пути их развития в России // Региональная архитектура и строительство. 2022. № 1 (50). С. 120–133.

24. Корнилова А.А., Оспанов Т.Ж. Современные тенденции устойчивого развития сельских поселений // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство. Самара, 2022. С. 420–426.

25. Буторина Д.А., Ахтямов И.И. Объект городского фермерства как новое общественное пространство в современной России // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 4 (62). С. 163–176. DOI: 10.52409/20731523_2022_4_163.

26. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2024 № 4146-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года».

27. Росстат. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2025 г. и в среднем за 2024 г. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/OkPopul_Comp2025_Site.xlsx.

28. Минсельхоз России. Материалы о цифровой трансформации АПК и рейтинг инновационности регионов России в АПК. 2025–2026.

29. СП 19.13330.2019. Сельскохозяйственные предприятия. Планировочная организация земельного участка.

30. СП 106.13330.2012. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.

Factors transforming the architecture of agricultural facilities in Russia

Dremin V.D.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN)

JEL classification: L61, L74, R53

Introduction: Russian agricultural architecture is undergoing systemic restructuring caused by changes in the organizational model of the agri-food sector, production digitalization, environmental requirements, and the transformation of rural settlement patterns. The study aims to identify the factors that determine the transformation of agricultural facilities in Russia and to establish their relationship with contemporary functional and planning solutions.

Materials and methods: the research is based on a review of 25 scientific publications issued in 2021–2026, regulatory and statistical materials, and applies content analysis, comparative typological analysis, factor grouping, level-based analysis, and a matrix comparison of "factor — architectural consequence".

Results: six groups of transformation factors were identified: economic and organizational, technological, environmental, socio-demographic, territorial and regulatory, and cultural and communicative. Their combined influence causes a shift from isolated specialized buildings to integrated agro-production complexes, from rigid typification to modularity and adaptability, from linear production logic to logistics-optimized and robotized layouts, and from a neutral industrial envelope to energy-efficient, landscape-sensitive, and socially meaningful architecture. Five levels of factor manifestation were determined — territorial, master-planning, space-planning, engineering and structural, and image-communicative — together with three typological development scenarios: industrially concentrated, adaptive farming, and agro-park. The scientific novelty lies in combining heterogeneous sectoral influences into a single architectural model.

Conclusions: the proposed model can be applied during pre-design analysis, new complex design, reconstruction of existing enterprises, and the formation of research and educational agro-parks.

Keywords: agricultural architecture, agricultural facilities, agri-food sector, agricultural holdings, digitalization, sustainable design, rural areas, typological transformation, reconstruction, agro-park.

References

1. Morachevskaya K.A., Lyzhina E.A., Sebentsov A.B., Karpenko M.S. Adaptatsiya territorial'noy organizatsii sel'skogo khozyaystva periferiynogo regiona k deyatel'nosti agrokholdingov [Adaptation of the territorial organization of agriculture in a peripheral region to the activity of agricultural holdings]. Baltiyskiy region [Baltic Region]. 2024, vol. 16, no. 4, pp. 121–144. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-4-6. (In Russian)
2. Nefedova T.G. Transformatsiya sel'skogo khozyaystva Rossii i problemy trudovykh resursov v sel'skoy mestnosti [Transformation of Russian agriculture and labor resource problems in rural areas]. Ekonomicheskie i sotsial'nye problemy Rossii [Economic and Social Problems of Russia]. 2025, no. 2, pp. 137–155. DOI: 10.31249/espr/2025.02.07. (In Russian)
3. Evstafieva A.Kh., Borovskikh O.N. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Current state and development prospects of the agro-industrial complex of Russia]. Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki [Regional Problems of Transforming the Economy]. 2024, no. 11. DOI: 10.26726/rppe2024v11csadp. (In Russian)
4. Lepekhina Yu.A., Grass E.Yu. Sostoyanie, osnovnye trendy i problemy tsifrovogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii [State, main trends and problems of digital development of the agro-industrial complex of the Russian Federation]. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. 2024, no. 10 (148), pp. 1–10. DOI: 10.60797/IRJ.2024.148.71. (In Russian)
5. Sinyanskiy I.A., Koshkin A.K., Leonenko I.A. Predlozheniya po arkhitekturno-planirovochnym, konstruktivnym i ekonomicheskim resheniyam mobil'nykh zdaniy dlya agropromyshlennogo kompleksa [Proposals for architectural-planning, structural and economic solutions of mobile buildings for the agro-industrial complex]. Sistemnye tekhnologii [System Technologies]. 2023, no. 4 (49), pp. 120–126. (In Russian)
6. Sinyanskiy I.A., Koshkin A.K., Leonenko I.A. Analiz i predlozheniya po ob'emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam kruglykh v plane sel'skokhozyaystvennykh zdaniy [Analysis and proposals for space-planning and structural solutions of circular agricultural buildings]. Sistemnye tekhnologii [System Technologies]. 2024, no. 4, pp. 190–194. (In Russian)
7. Salnikov S.S., Pugin K.G. Sovremennye tekhnologii i mashiny dlya stroitel'stva sel'skokhozyaystvennykh zdaniy [Modern technologies and machines for the construction of agricultural buildings]. Perspektivy razvitiya nauki v sovremennom mire [Prospects for the Development of Science in the Modern World]. 2024, pp. 648–657. (In Russian)
8. Mordvov A.A., Zhekhov S.D. Aktual'nost' razvitiya arkhitektury agropromyshlennykh kompleksov na Kraynem Severe Rossiyskoy Federatsii [Relevance of developing the architecture of agro-industrial complexes in the Far North of the Russian Federation]. Magisterskie slushanya [Master's Readings]. 2024, pp. 127–134. DOI: 10.24412/cl-37280-2024-1-127-134. (In Russian)
9. Rouquier O., Perrin C., Pouzenc M., Olivier-Salvagnac V. Farm buildings and agri-food transitions in Southern France: Mapping dynamics using a stakeholder-based diagnosis. Geography and Sustainability. 2024, vol. 5, no. 1, pp. 108–120. DOI: 10.1016/j.geosus.2023.10.003.

10. Medić K.Ć., Čeh A., Milinković A., Vunjak D. Design of Sustainable Farm Complex—A Case Study of Farm in Vojvodina, Republic of Serbia. Sustainability. 2025, vol. 17, no. 24, article 11356. DOI: 10.3390/su172411356.
11. Isola D., Bigiotti S., Marucci A. Livestock Buildings in a Changing World: Building Sustainability Challenges and Landscape Integration Management. Sustainability. 2025, vol. 17, no. 12, article 5644. DOI: 10.3390/su17125644.
12. Komarzyńska-Świeściak E., Wancel A.A. Reintegrating Marginalized Rural Heritage: The Adaptive Potential of Barn Districts in Central Europe's Cultural Landscapes. Sustainability. 2025, vol. 17, no. 15, article 7166. DOI: 10.3390/su17157166.
13. Gullino P., Battisti L., Novelli S., Frontuto V., Corsi A., Devecchi M., Larcher F. The landscape impact of agricultural sheds in rural UNESCO site: Public preferences and mitigation solutions. Environmental Science & Policy. 2023, vol. 140, pp. 232–241. DOI: 10.1016/j.envsci.2022.12.009.
14. Huan Y., Wang H., Chen J. Urban agriculture as a landscape approach for sustainable urban planning: An example of Songzhuang, Beijing. Frontiers in Sustainable Cities. 2024, vol. 6, article 1330292. DOI: 10.3389/frsus.2024.1330292.
15. Yuan Y., Guo X., Shen Y. Digitalization Drives the Green Transformation of Agriculture-Related Enterprises: A Case Study of A-Share Agriculture-Related Listed Companies. Agriculture. 2024, vol. 14, no. 8, article 1308. DOI: 10.3390/agriculture14081308.
16. Meng Y., Li D. Digital Pathways to Sustainable Agriculture: Examining the Role of Agricultural Digitalization in Green Development in China. Sustainability. 2025, vol. 17, no. 8, article 3652. DOI: 10.3390/su17083652.
17. Manta A.G. From Sustainability Narratives to Digital Infrastructures: Mapping the Transformation of Smart Agri-Food Systems. Foods. 2026, vol. 15, no. 3, article 469. DOI: 10.3390/foods15030469.
18. Kostić M., et al. Digital and Green Technological Drivers of Transformation in the Agri-Food Sector. Foods. 2026, vol. 15, no. 6, article 1081. DOI: 10.3390/foods15061081.
19. Erekalo K.T., Pedersen S.M., Christensen T., Denver S., Gemtou M., Fountas S., Isakhanyan G. Review on the contribution of farming practices and technologies towards climate-smart agricultural outcomes in a European context. Smart Agricultural Technology. 2024, vol. 7, article 100413. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100413.
20. Liu H., Wang Z., Du X., Qi F., Wang C., Shi Z. Decarbonizing Agricultural Buildings: A Life-Cycle Carbon Emissions Assessment of Dairy Barns. Agriculture. 2025, vol. 15, no. 15, article 1645. DOI: 10.3390/agriculture15151645.
21. Picuno P. Farm Buildings as Drivers of the Rural Environment. Frontiers in Built Environment. 2022, vol. 8, article 693876. DOI: 10.3389/fbuil.2022.693876.
22. Bubenchikov E.A. Arkhitekturno-planirovochnaya organizatsiya krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv v usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskikh preobrazovaniy v Rossii: sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya fermerskikh khozyaystv [Architectural and planning organization of peasant farms under socio-economic transformations in Russia: current trends and prospects for farm development]. Arkhitektura i dizayn [Architecture and Design]. 2022, no. 1, pp. 26–39. DOI: 10.7256/2585-7789.2022.1.38026. (In Russian)
23. Krylova M.K. Arkhitekturnye resheniya agropromyshlennykh klasterov i puti ikh razvitiya v Rossii [Architectural solutions of agro-industrial clusters and ways of their development in Russia]. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo [Regional Architecture and Engineering]. 2022, no. 1 (50), pp. 120–133. (In Russian)
24. Kornilova A.A., Ospanov T.Zh. Sovremennye tendentsii ustoychivogo razvitiya sel'skikh poseleniy [Modern trends in the sustainable development of rural settlements]. Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Arkhitektura i gradostroitel'stvo [Traditions and Innovations in Construction and Architecture. Architecture and Urban Planning]. Samara, 2022, pp. 420–426. (In Russian)
25. Butorina D.A., Akhtyamov I.I. Ob'ekt gorodskogo fermerstva kak novoe obshchestvennoe prostranstvo v sovremennoy Rossii [Urban farming facility as a new public space in modern Russia]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [News of Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2022, no. 4 (62), pp. 163–176. DOI: 10.52409/20731523_2022_4_163. (In Russian)
26. Government of the Russian Federation. Order No. 4146-r of December 28, 2024 "On approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2036". (In Russian)
27. Rosstat. Estimate of the permanent population as of January 1, 2025 and average for 2024. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/OkPopul_Comp2025_Site.xlsx. (In Russian)
28. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Materials on the digital transformation of the agro-industrial complex and the rating of regional innovation in the agro-industrial complex of Russia. 2025–2026. (In Russian)
29. SP 19.13330.2019. Agricultural enterprises. Planning organization of the land plot. (In Russian)
30. SP 106.13330.2012. Livestock, poultry and fur-farming buildings and premises. (In Russian)

Экономическая оценка и механизмы модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления: кейс капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь»

Тимофеева Римма Алексеевна
доктор экономических наук, профессор кафедры технологий управления экономического института, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, rim1087@yandex.ru,

Дьячук Фёдор Александрович
магистрант кафедры технологий управления экономического института, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, fdyachuk7@gmail.com

Статья посвящена экономической оценке и механизмам модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления на примере капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь». Представлена авторская критика текущего состояния объекта, выявлены ограничения, препятствующие его дальнейшей эффективной эксплуатации. Высказаны аргументы в защиту необходимости капитального ремонта медблока как инструмента повышения качества инфраструктуры детского отдыха.
Методологическую основу исследования составили экономическая оценка физического состояния объекта, кейс-метод опыта модернизации пищеблока МАУ ДЗОЛ «Волынь», анализ нормативно-правовых актов федерального проекта «Создание условий для обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи», а также сравнительный анализ конкурсных процедур Министерства просвещения Российской Федерации.
В статье доказывается, что использование механизмов федерального софинансирования является наиболее эффективным инструментом модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления. Кейс МАУ ДЗОЛ «Волынь» подтверждает результативность конкурсного отбора и демонстрирует применимость федеральных субсидий для решения аналогичных инфраструктурных проблем.
Ключевые слова: региональная экономика, инфраструктура, модернизация, медицинский блок, физический износ, капитальный ремонт, экономическая оценка, федеральные субсидии, детский отдых.

Введение

Инфраструктура организаций отдыха детей и их оздоровления является значимым элементом социальной сферы региона, обеспечивающим выполнение государственных задач по развитию человеческого капитала и созданию условий для качественного отдыха и оздоровления детей. В региональных исследованиях отмечается, что модернизация объектов социальной инфраструктуры выступает значимым фактором воспроизводства человеческого капитала. [10] Эффективность бюджетных расходов во многом связана с расходами на человеческий капитал, социальную и экономическую инфраструктуру. [1]

Однако во многих субъектах Российской Федерации имеется проблема значительной степени износа объектов детских загородных оздоровительных лагерей, построенных в советский период и эксплуатируемых на протяжении десятилетий без проведения капитальных ремонтов. [4] В таких условиях модернизация инфраструктуры становится необходимым направлением региональной социально-экономической политики, ориентированной на повышение качества услуг по организации детского отдыха и оздоровления.

Медицинский блок МАУ ДЗОЛ «Волынь» относится к числу объектов длительной эксплуатации и является важным элементом социальной инфраструктуры по обеспечению медицинского обслуживания, что подчёркивает актуальность его обновления. Степень износа объекта не позволяет в полной мере соответствовать современным запросам к организации медицинского сопровождения отдыха детей. Необходимость капитального ремонта данного объекта указана в научном исследовании, как приоритетное направление модернизации инфраструктуры учреждения. [9]

В последние годы модернизация инфраструктуры детского отдыха получила поддержку на федеральном уровне: реализуются конкурсные механизмы по предоставлению субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях софинансирования расходных обязательств субъектов Российской Федерации, возникающих при реализации мероприятий, направленных на создание современной инфраструктуры для отдыха детей и их оздоровления путём возведения некапитальных строений, сооружений (быстровозводимых конструкций), а также при проведении капитального ремонта объектов инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления. Эти меры встроены в федеральный проект «Создание условий для обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи» государственной программы «Развитие образования». [6] Для регионов такая форма поддержки представляет собой экономический инструмент, позволяющий компенсировать ограниченность собственных финансовых ресурсов и ускорить обновление социально значимых объектов.

Актуальность исследования определяется сочетанием трёх факторов: высокой степенью физического износа объекта инфраструктуры детского отдыха, наличием эффективных федеральных инструментов модернизации, а также успешным опытом участия МАУ ДЗОЛ «Волынь» в конкурсном отборе, что уже позволило произвести капитальный ремонт пищеблока в 2025 году. Сочетание этих обстоятельств формирует уникальные условия для проведения экономической оценки состояния медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» и анализа механизмов модернизации капитального ремонта.

Цель исследования – обоснование необходимости капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» на основе экономической оценки его текущего состояния и анализа механизмов модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления через участие в федеральных конкурсных отборах.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных материалов использовалась проектно-сметная документация капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» и нормативно-правовая база федерального проекта «Создание условий для обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи». Отдельно учитывался опыт капитального ремонта пищеблока, реализованный в 2024-2025 годах, в рамках полученной федеральной субсидии.

Методологическую основу исследования составили подходы региональной и отраслевой экономики: метод экономической оценки, метод кейс-стади, метод нормативно-правового анализа, сравнительный анализ.

Результаты

Анализ технического состояния медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» показал наличие устойчивых признаков физического износа, формировавшихся в течение длительного периода эксплуатации здания. Длительная эксплуатация объекта приводит к неравномерности физического износа различных групп конструктивных элементов, что требует комплексной оценки технического состояния здания. Сам же физический износ рассматривается как совокупность негативных изменений конструктивных элементов, приводящих к снижению эксплуатационных характеристик. [3]

Используя принципы отраслевой диагностики материально-технической базы, исследование позволило выделить основные группы дефектов объекта. Полученные результаты представлены в Таблице 1.

Кроме систематизации дефектов, анализ подтверждает наличие комплексного инфраструктурного старения, включающего деформацию конструкции, ухудшение теплоизоляции, снижение устойчивости инженерных сетей, моральное устаревание помещений. В совокупности эти факторы формируют экономический эффект «накопленного ущерба». Данный эффект проявляется в росте текущих расходов на содержание объекта, увеличении расходов на поддерживающие ремонтные работы и снижении качества предоставляемых услуг.

Таблица 1

Классификация элементов медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» по степени физического износа

Группа элементов	Описание выявленного состояния	Уровень физического износа	Экономическая интерпретация	Стоимость обновления (тыс. руб.)
Основные конструктивные элементы (фундамент, цоколь, отмостка, стены, конструкции междуэтажных и чердачного перекрытия и полов, конструкции покрытия)	Усталостные деформации, трещины конструкций и отделки, снижение теплоизоляционных свойств. Следы замачивания цоколя, подтёки и плесень. Износ окраски и штукатурки, выветривание швов стен и перекрытий. Дефекты дощатых полов, плинтусов и керамической плитки. Повреждения кровельного ковра, протечки и разрушение примыканий.	Средний	Рост затрат на поддержание эксплуатационной пригодности. Необходимость капитального ремонта	Кровля – 1.697.33; Пожарная лестница – 160.63; Крыльцо – 252.59; Козырёк – 65.31; Полы – 1.371.73; Стены – 2.507.65; Потолки – 629.37; Фасад – 2.420.27
Инженерные системы (электроснабжение, водоснабжение, водоотведение, отопление)	Повреждения и засоры трубопроводов, сантехнических приборов и водоразборных устройств, течи в резьбовых соединениях. Непрогревы отдельных стояков, недостаточный прогрев отдельных приборов. Освещение не соответствует требованиям Роспотребнадзора. Неудовлетворительное состояние вентиляции и воздухообмена в помещениях	Высокий	Увеличение эксплуатационных затрат. Рост вероятности отказов. Необходимость капитального ремонта	Отопление – 456.66; Водопровод и канализация – 293.84; Электромонтажные работы – 468.05; Вентиляция – 30.16; Пожарная сигнализация – 170.13; Устройство дождевой канализации – 284.21
Внутренние помещения и отделка	Моральное устаревание интерьера, износ напольных покрытий и запорной арматуры. Деформация оконных и дверных блоков, нарушение герметичности и плотности закрывания. Нарушение лакокрасочного покрытия	Высокий	Несоответствие современным требованиям к медицинским блокам. Необходимость капитального ремонта	Окна – 371.05; Двери – 780.47
Итого:	11.959,4			
+Строительный мусор	7.16			
+Утилизация строительного мусора на полигоне ТБО	32.46			
+Строительный контроль – 2,14%	256,77			
+Резерв средств на непредвиденные расходы и затраты – 2%	245,11			
+НДС – 20%	2.500,19			
Сводный сметный расчёт стоимости капитального ремонта объекта:	15.001,18			

Стоимость капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» составляет 16.327,18 тыс. руб. В стоимость включены выделенные средства из бюджета учреждения – 1.326,00 тыс. руб. Из суммы 15.001,18 тыс. руб. федеральный бюджет составляет 77% – 11.550,9 тыс. руб., областной бюджет – 23% – 3.450,3 тыс. руб.

Полученные результаты диагностики физического состояния медицинского блока позволяют выявить системный характер экономических последствий, формирующихся в процессе эксплуатации объекта, утратившего часть функционального потенциала.

Одним из значимых последствий является увеличение текущих эксплуатационных расходов. Научная литература подчёркивает, что при достижении определённого порога физического старения объект начинает демонстрировать нелинейный рост затрат на содержание, что существенно снижает эффективность использования бюджетных средств. Со временем, при 50-60% износа здания, затраты могут превысить стоимость самого объекта. [7]

Следующим важным экономическим последствием является ограничение развития учреждения. Отсутствие капитального ремонта медицинского блока снижает способность учреждения адаптироваться к современным стандартам безопасности и качества. Физический износ объекта выражает отрицательное влияние на качество оказания медицинских услуг в период организации лагерных смен. Это создаёт риски снижения спроса на услуги лагеря, уменьшение числа отдыхающих и, как следствие, сокращение доходов.

Кроме того, физический износ объекта формирует риски нарушения требований надзорных органов. Несоответствие современным санитарным и техническим нормам, требованиям безопасности, может привести к предписаниям, необходимости проведения срочных восстановительных мероприятий или временной приостановке эксплуатации объекта. Эти риски классифицируются как институциональные, поскольку оказывают влияние на стабильность функционирования инфраструктуры и её способность обеспечивать качество, доступность социально значимых услуг. [11]

В результате совокупное воздействие указанных последствий приводит к накоплению экономического ущерба, выражающегося в росте непродуктивных расходов, уровне риска возникновения аварийных ситуаций, снижении качества обслуживания и конкурентоспособности. Выявленные экономические эффекты подчёркивают необходимость проведения капитального ремонта объекта как мероприятия, способствующего повышению эффективности использования бюджетных средств и обеспечению устойчивого социально-экономического развития учреждения.

Затраты на содержание медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» за 2023 год составили 145.000, 2024 год – 168.000, 2025 год – 201.000 (руб.). Можно сделать вывод об ежегодном увеличении затрат на содержание объекта, что в свою очередь повышает актуальность проведения капитального ремонта.

Выявленные признаки физического износа медицинского блока позволяют перейти к анализу причинно-следственных факторов. Модернизация инфраструктурных объектов рассматривается как процесс, обусловленный различными факторами, влияющими на изменение современной инфраструктуры, расходы и повышение качества предоставляемых услуг. [8] Таким образом, обоснование капитального ремонта должно основываться не на единственном критерии, а на совокупности взаимосвязанных параметров.

Для систематизации выявленных факторов была разработана структурная иллюстративная модель, отражающая ключевые экономические и институциональные причины необходимости проведения капитального ремонта. Данная модель позволяет увидеть, как отдельные факторы формируют экономическую потребность в модернизации (Рис. 1).

Полученные результаты анализа технического состояния медицинского блока показали, что капитальный ремонт объекта является элементом комплексной инфраструктурной модернизации учреждения. На этой основе была проведена систематизация механизмов модернизации,

представленных в Таблице 2, которые могут обеспечить повышение эффективности объекта в соответствии с целями федерального проекта «Создание условий для обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи» государственной программы «Развитие образования». [6]

Рис. 1 – Структурная диаграмма факторов, обосновывающих необходимость капитального ремонта медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь»

Таблица 2

Механизмы модернизации инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления: сравнительная характеристика применяемых инструментов

Механизм модернизации	Сущность механизма	Практическое применение в условиях МАУ ДЗОЛ «Волынь»	Ограничения и риски	Потенциальный эффект для организации
Финансово-бюджетные механизмы	Привлечение средств федерального бюджета на условиях софинансирования, участие в конкурсных отборах	Подготовка проектно-сметной документации, участие в конкурсном отборе	Конкурентность отбора, необходимость строгого соблюдения требований	Получение средств на капитальный ремонт, снизив нагрузку на региональный и местный бюджеты
Организационно-управленческие механизмы	Управление проектом модернизации, координация участников; Контроль качества документации	Взаимодействие администрации учреждения, проектной организации и региональных структур	Кадровая нагрузка, необходимость постоянного мониторинга	Снижение рисков несоответствия документации требованиям конкурсного отбора, ускорение подготовки заявки
Нормативно-правовые механизмы	Приведение объекта к требованиям СанПиН, СП, ГОСТ, пожарной безопасности	Актуализация документов, экспертиз, заключений, устранение выявленных несоответствий	Стоимость и длительность процедур	Соответствие требованиям федерального проекта, повышение безопасности
Инфраструктурно-технологические механизмы	Внедрение современных инженерных систем, обновление конструкций, интерьера и экстерьера	Замена инженерных сетей, улучшение конструктивных элементов, интерьера и экстерьера	Необходимость капитальных вложений и профессионального проектирования	Повышение функциональности, снижение эксплуатационных затрат

Анализ условий участия МАУ ДЗОЛ «Волынь» в конкурсных отборах 2024-2026 гг. для капитального ремонта пищеблока и 2026-2028 гг. для капитального ремонта медицинского блока показал, что набор требований и перечень проектно-сметной документации является идентичным, а ключевым фактором успешности выступает качество подготовки заявки и соответствие объекта критериям отбора.

Обсуждение

Полученные результаты исследования позволяют интерпретировать состояние медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» как следствие длительной эксплуатации объекта без проведения капитального ремонта, что закономерно привело к снижению функциональной эффективности, повышению эксплуатационных рисков и ограничению качественного предоставления медицинского обслуживания. Эти выводы согласуются с современными подходами к оценке состояния социальной инфраструктуры территорий, согласно которым недофинансирование в социальную инфраструктуру приводит к деформации осуществления социальных услуг по причинам сокращения числа учреждений и объёма обслуживания, ухудшения качества обслуживания. [5]

Сравнение результатов с данными аналогичных исследований подтверждает, что выявленная ситуация в МАУ ДЗОЛ «Волынь» уточняет типичную проблему объектов детских загородных лагерей, построенных в период XX века. В исследовании, выполненном Волынчук Я. А. и коллег отражено, что по состоянию на 2014 год, до утверждения Программы развития МДЦ «Артек» на 2015-2020 годы, основные инженерные объекты международного детского центра морально и технически устарели. Более 80 тыс. м^2 зданий сооружений имеют полный износ, более 15 тыс. метров инженерных сетей являются ветхими. Авторы отмечают, что развитие инфраструктуры и улучшение материально-технического оснащения является одной из трудностей системы организации детского отдыха и функционирования детских лагерей по всей стране. [2] Аналогично в работе В. Н. Игнатовой и коллег, посвящённой целесообразности реконструкции и перспективы развития «Заброшенных» детских оздоровительных лагерей, отражено, что устаревшая материально-техническая база является наиболее значимым аспектом ряда основных противоречий и проблем, сдерживающих эффективное развитие и организацию детского отдыха. Указывается и на распад Советского союза, впоследствии чего многие организации прекратили свое существование, в чьем ведении находились детские загородные лагеря, оставив их без нужного финансирования. Что повлекло физическое и моральное устаревание инфраструктуры, оборудования, зданий и сооружений, несоответствие современным требованиям безопасности и комфорта. [4]

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты согласуются с общероссийской картиной состояния инфраструктуры организаций отдыха детей и их оздоровления, что повышает их валидность и подтверждает выводы о необходимости комплексной модернизации.

Одновременно исследование демонстрирует, что применение федерального механизма софинансирования капитального ремонта, реализуемого Министерством просвещения Российской Федерации, является не только инструментом устранения физического износа, но и важным экономическим механизмом повышения региональной обеспеченности качественными инфраструктурными объектами. По данным анализа проектно-сметной документации и требований конкурсного отбора, участие МАУ ДЗОЛ «Волынь» в федеральном проекте позволяет снизить нагрузку на региональный и муниципальный бюджеты, перераспределить расходы на модернизацию и обеспечить возможность выполнения ремонтных работ в установленные сроки с минимальным ущербом для основной деятельности организации.

Анализ сопоставления результатов нашего исследования и данных аналогичных научных работ позволяет констатировать, что ключевым фактором успешной модернизации объектов детской инфраструктуры является не только наличие проектно-сметной документации в полном объёме и технической готовности объекта, но и организационно-управленческая компетентность учреждения. Опыт МАУ ДЗОЛ «Волынь» – успешное участие двух в конкурсных отборах, демонстрирующее высокую степень адаптации учреждения к современным инструментам инфраструктурного развития.

Перевод результатов исследования в плоскость практического применения показывает, что разработанные в исследовании подходы могут быть использованы муниципальными учреждениями, региональными органами управления и проектировщиками при подготовке заявок на участие в будущих конкурсных отборах.

Полученные результаты обладают практической ценностью для научного сообщества, формируя основу дальнейших исследований по эффективности механизмов модернизации инфраструктуры организаций отдыха и оздоровления детей. Связанных, например, с анализом влияния модернизации организаций отдыха и оздоровления детей на социально-экономическое развитие регионов.

Заключение

Проведённое исследование позволило установить, что физический износ медицинского блока МАУ ДЗОЛ «Волынь» оказывает прямое воздействие на устойчивость функционирования учреждения, качество медицинского обслуживания детей и экономическую эффективность эксплуатации объекта. Тем самым модернизация объекта выступает не просто технической мерой, а экономически обоснованным механизмом поддержания жизнеспособности учреждения в долгосрочной перспективе.

Результаты анализа подтвердили эффективность применения федерального механизма софинансирования как стратегического инструмента модернизации социальных объектов. Опыт МАУ ДЗОЛ «Волынь»

в конкурсном отборе 2024 года на капитальный ремонт пищеблока показал, что сочетание технико-экономической диагностики и государственной поддержки позволяет существенно повысить инвестиционную доступность капиталоёмких проектов обновления инфраструктуры. Это говорит о возможности использования подобных механизмов для системной модернизации муниципальных учреждений отдыха и оздоровления детей в российском регионе.

Литература

1. Акиндинова Н. В. Межстрановой анализ структуры и эффективности бюджетных расходов [Электронный ресурс] / Н. В. Акиндинова, А. В. Чернявский, А. А. Чепель // Вопросы экономики. – 2018. – № 12. – С. 5-27. – DOI: 10.32609/0042-8736-2018-12-5-27. – URL: https://publications.hse.ru/articles/226740564 (дата обращения: 31.03.2026).
2. Волынчук Я. А. Особенности и проблемы реализации основных форм работы с молодежью (на примере Международного детского центра «Артек») [Электронный ресурс] / Я. А. Волынчук, М. И. Горбачева, Д. В. Кирсанова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2017. – № 1-1. – С. 172-176. – EDN XUVPXH. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xuvpxh (дата обращения: 28.04.2026).
3. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : межгосударственный стандарт : с Поправкой [Электронный ресурс]. – Введ. 2024-05-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1305691614 (дата обращения: 23.03.2026)
4. Игнатова В. Н. Целесообразность реконструкции и перспективы развития «заброшенных» детских оздоровительных лагерей [Электронный ресурс] / В. Н. Игнатова, М. В. Матвеева, Е. С. Пешкова // Baikal Research Journal. – 2024. – Т. 15, № 3. – С. 1104-1112. – DOI: 10.17150/2411-6262.2024.15(3).1104-1112. – EDN IYSUXY. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-rekonstruktsii-i-perspektivy-razvitiya-zabroshennyh-detskih-ozdorovitelnyh-lagerey/viewer (дата обращения: 28.04.2026).
5. Котомина М. А. Социальная инфраструктура села в России: динамика, проблемы и пути решения [Электронный ресурс] // Народонаселение. – 2025. – Т. 28, № 1. – С. 127-137. – DOI: 10.24412/1561-7785-2025-1-127-137. – URL: https://www.jour.fnisc.ru/index.php/population/article/view/10518 (дата обращения: 17.04.2026).
6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» : постановление Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 № 1642 [Электронный ресурс] // Гарант.ру : информационно-правовой портал. – URL: https://base.garant.ru/71848426/ (дата обращения: 15.04.2026).
7. Опарина Л. А., Власова Е. А. Методика выбора ресурсосберегающих организационно-технологических решений на этапе завершения жизненного цикла зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2024. № 10. С. 72–78. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-72-78. URL: https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/84920/view (дата обращения: 29.03.2026).
8. Плисецкий Е. Л. Инфраструктурный потенциал территории как фактор устойчивого регионального развития [Электронный ресурс] / Е. Л. Плисецкий, Е. Е. Плисецкий // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2020. – № 3. – С. 165-186. – DOI: 10.17323/1999-5431-2020-0-3-165-186. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/infrastrukturnyy-potentsial-territorii-kak-faktor-ustoychivogo-regionalnogo-razvitiya (дата обращения: 11.04.2026).
9. Тимофеева Р. А. Модернизация инфраструктуры МАУ ДЗОЛ «Волынь» [Электронный ресурс] / Р. А. Тимофеева, Ф. А. Дьячук // Новые вызовы общественного развития: региональный аспект : сб. науч. ст. Всерос. науч.-практ. конф., Чебоксары, 27 марта 2025 г. – Чебоксары : Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, 2025. – С. 276–281. – EDN PSKGSE. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82564486 (дата обращения: 16.04.2026).
10. Тихонович Э. А. Влияние социальной инфраструктуры на воспроизводство человеческого капитала [Электронный ресурс] / Э. А. Тихонович // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2012. – № 1 (20). – С. 22-28. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sotsialnoy-infrastruktury-na-vosproizvodstvo-chelovecheskogo-kapitala (дата обращения: 31.03.2026).
11. Тхориков Б. А. Влияние институциональной среды на целевые индикаторы организаций социальной сферы [Электронный ресурс] / Б. А. Тхориков // Управление в XXI веке : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 1–2 ноября 2016 г. – Белгород : ИД «Белгород», 2016. – С. 173-176. – EDN ZGXJZL. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30018725 (дата обращения: 07.04.2026).

Economic assessment and mechanisms for modernizing the infrastructure of children's recreation and recreation facilities: a case study of the overhaul of the medical center of MAU DZOL «Volyn»

Timofeeva R.A., Dyachuk F.A.
Yaroslav the Wise Novgorod state university

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the economic assessment and mechanisms for modernizing the infrastructure of children's recreation and health facilities, using the example of the overhaul of the medical unit at the «Volyn» Municipal Health and Recreation Center. The author presents a critique of the facility's current condition and identifies limitations hindering its continued effective operation. Arguments are made in favor of the need for a major overhaul as a means of improving the quality of children's recreation infrastructure.

The study's methodological basis consists of an economic assessment of the facility's physical condition, a case study of the experience of modernizing the kitchen unit at the «Volyn» Municipal Health and Recreation Center, an analysis of the regulatory framework for the federal project «Creating Conditions for Education, Recreation, and Health Improvement of Children and Youth,» and a comparative analysis of the competitive procedures of the Russian Ministry of Education.

The article demonstrates that the use of federal co-financing mechanisms is the most effective tool for modernizing the infrastructure of children's recreation and health facilities. The «Volyn» Municipal Health and Recreation Center case study confirms the effectiveness of the competitive selection process and demonstrates the applicability of federal subsidies to solving similar infrastructure problems.

Keywords: regional economy, infrastructure, modernization, medical unit, physical deterioration, major repairs, economic assessment, federal subsidies, children's recreation.

References

1. Akindinova N. V. Cross-country analysis of the structure and efficiency of budget expenditures [Electronic resource] / N. V. Akindinova, A. V. Chernyavsky, A. A. Chepel // Voprosy ekonomiki. – 2018. – No. 12. – Pp. 5-27. – DOI: 10.32609/0042-8736-2018-12-5-27. – URL: https://publications.hse.ru/articles/226740564 (date of access: 31.03.2026).
2. Volynchuk Ya. A. Features and problems of implementing the main forms of work with youth (on the example of the International Children's Center "Artek") [Electronic resource] / Ya. A. Volynchuk, M. I. Gorbacheva, D. V. Kirsanova // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2017. – No. 1-1. – P. 172-176. – EDN XUVPXH. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xuvpxh (date of access: 28.04.2026).
3. GOST 31937-2024. Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition: interstate standard: with Amendment [Electronic resource]. – Introduced 2024-05-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1305691614 (date of access: 23.03.2026)
4. Ignatova V. N. Feasibility of reconstruction and development prospects of “abandoned” children's health camps [Electronic resource] / V. N. Ignatova, M. V. Matveeva, E. S. Peshkova // Baikal Research Journal. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – Pp. 1104-1112. – DOI: 10.17150/2411-6262.2024.15(3).1104-1112. – EDN IYSUXY. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-rekonstruktsii-i-perspektivy-razvitiya-zabroshennyh-detskih-ozdorovitelnyh-lagerey/viewer (date of access: 28.04.2026).
5. Kotomina M. A. Social infrastructure of the village in Russia: dynamics, problems and solutions [Electronic resource] // Population. – 2025. – Vol. 28, No. 1. – Pp. 127-137. – DOI: 10.24412/1561-7785-2025-1-127-137. – URL: https://www.jour.fnisc.ru/index.php/population/article/view/10518 (date of access: 17.04.2026).
6. On approval of the state program of the Russian Federation "Education Development": Resolution of the Government of the Russian Federation of 26.12.2017 No. 1642 [Electronic resource] // Garant.ru: information and legal portal. – URL: https://base.garant.ru/71848426/ (date of access: 15.04.2026).
7. Oparina L. A., Vlasova E. A. Methodology for selecting resource-saving organizational and technological solutions at the stage of completion of the life cycle of buildings // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 2024. No. 10. pp. 72-78. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-72-78. URL: https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/84920/view (date of access: 29.03.2026).
8. Plisetsky E. L. Infrastructure potential of the territory as a factor in sustainable regional development [Electronic resource] / E. L. Plisetsky, E. E. Plisetsky // Issues of public and municipal administration. – 2020. – No. 3. – P. 165-186. – DOI: 10.17323/1999-5431-2020-0-3-165-186. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/infrastrukturnyy-potentsial-territorii-kak-faktor-ustoychivogo-regionalnogo-razvitiya (date of access: 11.04.2026).
9. Timofeeva R. A. Modernization of the infrastructure of the MAU DZOL "Volyn" [Electronic resource] / R. A. Timofeeva, F. A. Dyachuk // New challenges of social development: regional aspect: collection of scientific articles. All-Russian scientific and practical conf., Cheboksary, March 27, 2025. – Cheboksary: Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, 2025. – pp. 276-281. – EDN PSKGSE. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82564486 (date of access: 16.04.2026).
10. Tikhonovich E. A. The influence of social infrastructure on the reproduction of human capital [Electronic resource] / E. A. Tikhonovich // Bulletin of Volgograd State University. Series 3: Economy. Ecology. – 2012. – No. 1 (20). – P. 22-28. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sotsialnoy-infrastruktury-na-vosproizvodstvo-chelovecheskogo-kapitala (date of access: 31.03.2026).
11. Tkhorikov B. A. The Influence of the Institutional Environment on the Target Indicators of Social Sphere Organizations [Electronic resource] / B. A. Tkhorikov // Management in the 21st Century: Coll. Art. Based on the Materials of the International Scientific and Practical Conf., Belgorod, November 1-2, 2016 – Belgorod: Belgorod Publishing House, 2016. – Pp. 173-176. – EDN ZGXJZL. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30018725 (date of access: 04.07.2026).

Поведение балки из легковесного бетона на основе керамзита при изгибающим моменте

Жаззан Муханнад
аспирант, Инженерная Академия, РУДН, jazzan.m@mail.ru,

Маркович Алексей Семенович
доктор технических наук, профессор, Инженерная Академия, РУДН; факультет металлических и деревянных конструкций, Московский государственный университет гражданского строительства (Национальный исследовательский университет), markovich_as@pfur.ru,

Кбейли Джаафар
кандидат технических наук, Ведущий инженер-проектировщик. АО «НЭПТ», jaafarqbaily@gmail.com,

Обейд Махмуд Абдельсалам Ареф
аспирант, Инженерная Академия, РУДН, mahmoud.obeid@yandex.com

В статье исследовано поведение изгибаемой балки из керамзитобетона при статическом нагружении. Образец балки размером 1400 × 250 × 65 мм был изготовлен на основе цемента ЦЕМ I 42,5, речного песка и керамзита фракции 5–10 мм с применением суперпластификатора Sika ViscoCrete-200. Испытания проводились на установке MATEST с фиксацией прогибов индикатором часового типа. Получены зависимости «нагрузка–прогиб» и «изгибающий момент–кривизна», а также установлено, что максимальный прогиб составил 5,8 мм, что незначительно превышает предельное значение по СП 63.13330.2018. Трещинообразование началось при нагрузке около 25% от предельной, при этом разрушение носило пластический характер. Результаты подтверждают высокую деформативность керамзитобетона и его способность к перераспределению усилий.
Ключевые слова: Керамзитобетон, балка из легковесного керамзитобетона, линейные деформации прогиб балки, кривизна.

Введение

Один из недостатков железобетона — это его большой удельный вес [1, 2], что приводит к увеличению нагрузок от собственного веса конструкций. Удельный вес железобетона можно уменьшить заменой крупного заполнителя из гравий, полностью или частично, на легкие заполнители такие как керамзит [3,4,11], для получения легковесного железобетона [5]. Вместо обычного железобетона, можно принимать легковесный железобетон на основе керамзита для строительства различных конструкций, такое решение имеет значительный эффект на постоянные нагрузки конструкций и также на изоляционные свойства материала благодаря низкой плотности легковесного железобетона. В разных работах по изучению поведения легковесного бетона, изучают прочность образцов на сжатие [6,8] и также испытание дисперсно-армированных элементов [9].

В этой работе будет изучено поведение балки из легковесного бетона на основе керамзита с измерением линейных перемещения по вертикалу отдельных точек образца при нагружении (прогиб) [2,11], что позволяет вычисления кривизны образца балки в зависимости от изгибающего момента [10].

Методы исследования

Прочность бетона была определена контрольными образцами из керамзитобетонных кубиков габаритами (b=100 мм, h= 100 мм, 5 образца).

Для проведения эксперимента было произведена балка из керамзитобетона габаритами (L=1400 мм, h=250 мм, b= 65 мм).

На рисунке 1. Указано расположение арматуры балки, верхняя и нижняя продольная арматура выполнена из стержней диаметром Ø6 мм А500С, защитный слой 10 мм, поперечная арматура выполнена из стержней диаметром Ø3 мм А500С шаг 50 мм.

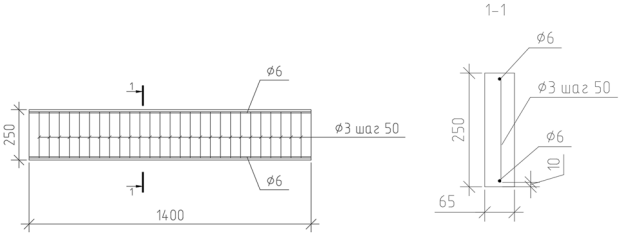


Рисунок 1. Габариты балки с расположением армирования.

В качестве вяжущего вещества для бетона был использован цемент ЦЕМРОС Д0 ЦЕМ I 42,5, мелким заполнителем служит речной песок (фракция 0,00-3,5 мм), крупным заполнителем служит керамзит (фракция 5-10 мм) соотношение воды к цементу 0,38, для оптимизации работоспособности смеси был использован суперпластификатор Sika ViscoCrete-200.

Состав смесей приняты в соответствии с составами приведены в работе С.И. Атир, К.А. Али [7] и показаны в таблице 1

Таблица 1

№ Серии	I
Цемент	500
Микрокремнезём	0
Мелкий заполнитель	936
Легкий керамзит	119
Суперпластификатор	4.75
Вода	190
В/Ц соотношение	0,38

Смесь была изготовлена с помощью бетономешалки, сначала были перемешаны сухие материалы затем добавились жидкие материалы, для проведения испытания контрольных образцов и балки была использована установка MATEST, которая позволяет провести испытаний на сжатие и изгиб, значения линейных перемещения отдельных точек образца (прогиб) были фиксированы индикатором часового типа.

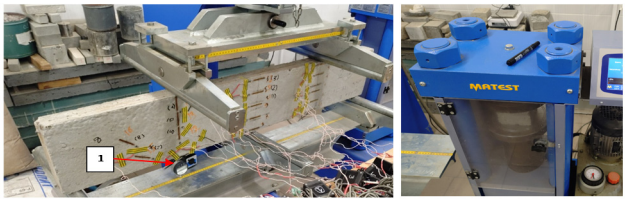


Рисунок 2. Подготовка образцов к испытанию с помощью установки Matest.

1.Индикатор часового типа.

Образец балки был установлен на 3х опорах, для создания двух-пролётной балки, расстояние между опорами 660 мм, нагрузки были приложены в средине пролетов, расстояние между точки приложения нагрузок 660 мм.

Результаты

Прочность контрольных образцов (кубических) на сжатие соответствует классу бетона В20, марка бетона М250. В таблице 2 приведены результаты испытаний образцов на сжатие.

Таблица 2

№ образца	1	2	3	4	5
Прочность на сжатие (мПа)	26,5	27,0	26,8	26,6	27,1

При проведении испытания максимальное значение изгибающего момента составило 2,84 кН.м.

Рисунок 3. Разрушение образцов при испытании на сжатие.

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов согласно нормам [2,11].

$$\chi = \frac{R_s * A_s - R_{sc} * A_{s'}}{R_b * b} = 0 \quad (1)$$

$$M_{ult} = R_s * A_s (h_0 - a') = 2,76 кН.м \quad (2)$$

h_0 – расстояние от верха балки до центра растянутой арматуры, a' – толщина защитного слоя бетона.

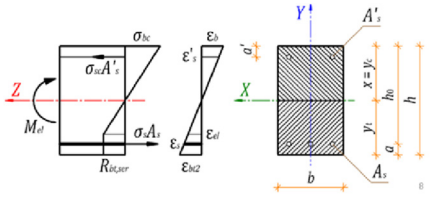


Рисунок 4. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента, при его расчете по прочности.

При проведении испытания максимальное значение прогиба составило 5,8 мм

Прогиб испытанной балки согласно методе нормы [2].

$$f \le f_{ult'} \quad (3)$$

f - прогиб железобетонного элемента от действия внешней нагрузки; $f_{ult'}$- значение предельно допустимого прогиба железобетонного элемента.

Уравнение изогнутой оси балки

$$\frac{M}{EJ} = \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} \quad (4)$$

Из уравнения получаем

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{D} \quad (5)$$

$$D_{crc} = E_{b1} I_{x,red,crc} \le D \text{ и } I_{x,red,crc} = I_{x,b} + \alpha_{s2} I_{x,s} + \alpha_{s1} I'_{x,s} \quad (6)$$

где $I_{x,s}$, $I'_{x,s}$ и $I_{x,b}$ – моменты инерции сечений растянутой и сжатых арматуры и бетона, соответственно.

$E_{b1} = E_{b,red} = 0,85\ E_b$ – приведенный модуль деформации сжатого бетона.

= 12240 мПа.

Коэффициенты приведения арматуры к бетону определяются по следующим формулам: α_{s1} α_{s1}

$\alpha_{s1} = \frac{E_s}{E_{b,red}}$ для сжатой, $\alpha_{s1} = \frac{E_{s,red}}{E_{b,red}}$ для растянутой, $\alpha_{s1} = \alpha_{s2} = \frac{E_{s,red}}{E_{b,red}} =$ 16,3

Высота сжатой зоны бетона x:

$$x = h_0 \sqrt{(a_{s1}\,\mu'_s + a_{s2}\,\mu_s)^2 + 2(a_{s1}\,\mu'_s (a'/h_0) + a_{s2}\,\mu_s (1 - a'/h_0)} - (a_{s1}\,\mu'_s + a_{s2}\,\mu_s) = 59,67\,cm$$

$$\mu_s = \frac{A_s}{b\,h_0},\ \mu'_s = \frac{A'_s}{b\,h_0} \quad (7)$$

$I_x = \frac{bh^3}{12}$, $I_{x,s} = A_s (h_0 - x)^2$ и $I'_{x,s} = A'_s (x - a')^2$ моменты инерции сечений бетона, растянутой и сжатой арматуры соответственно

$I_x = 1,15 \times 10^6$ мм^4, $I_{x,s} = 919,3 \times 10^3$ мм^4, $I'_{x,s} = 59,75 \times 10^3$ мм^4

$I_{x,red,crc} = 17,11 \times 10^6$ мм^4

Ep ult= 1838 мПа

Прогиб отвечающей придельной нагрузке 27,59 кН согласно нормам [2]

Для один раз статической неопределимой балки рисунок 5 прогиб в средине пролета равен $f_{ult} = (P_{ult} * L^3) / (48 * E_{\rho\ ult} * I_{x,red,crc}) = 5,3$ мм

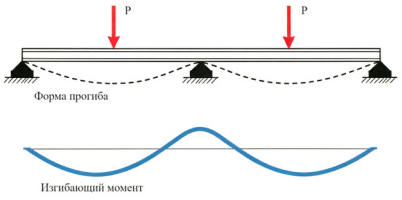


Рисунок 5. Расчетная схема баки

Δ – прогиб, P- сосредоточенная нагрузка, L – длина пролета.

Значения прогибов для нагрузки 5,5 , 11 , 16,5 и 22 кН приведены в таблице 3 и показаны на рисунке 6

Таблица 3.

Нагрузка P	5,5	11	16,5	22
F	0,03	0,175	1,64	4,47

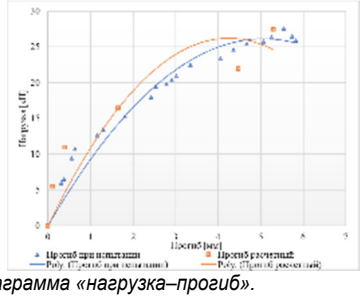


Рисунок 6. Диаграмма «нагрузка–прогиб».

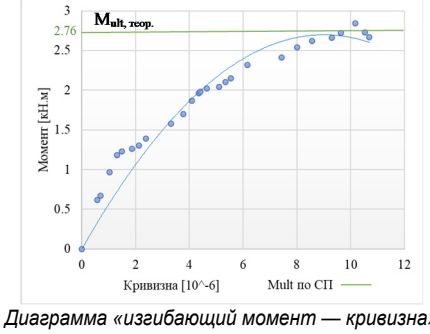


Рисунок 6. Диаграмма «изгибающий момент — кривизна».

Образование трещин началось при достижении нагрузки примерно 25% от максимальной нагрузки в растянутых зонах в средине пролетов и в растянутой зоне над центральной опоре. Трещины имели вертикальные и наклонные направления, стоит отметить, что при проведении испытания образца, разрушение произошло пластично.

Рисунок 7. Схема расположения трещин на образце.

Обсуждение

Максимальное значение прогиба балки достигло 5,8 мм, что незначительно перевешает предельные прогибы изгибающих элементов согласно СП. 63.13330.2018. L/120 = 660/120 = 5,5 мм в том числе перевешает расчетный прогиб 5,3 мм. Что показывает большую деформативность материала и способность перераспределения усилий. Во время испытания разрушение образца произошло пластично, без признаков хрупкого разрушения, что является важным фактором для безопасности конструкций в отличий от тяжелого бетона, который часто имеет хрупкое разрушение. Диаграммы «нагрузка–прогиб» (Рисунок 4) и «изгибающий момент — кривизна» (Рисунок 5) показывают нелинейность роста прогиба и кривизны и его ускорения после определённого порога, соответствующего образования трещин в образце. Трещины образовались в растянутых зонах образца, что соответствует образованию трещин в тяжелом бетоне.

Заключение

В ходе экспериментального исследования была испытана изгибаемая балка из керамзитобетона с рабочей и поперечной арматурой. По результатам испытаний установлено, что материал обладает высокой деформативностью и способен к перераспределению усилий в процессе нагружения. Максимальный прогиб балки составил 5,8 мм, что немного превышает предельное значение, определяемое по требованиям СП 63.13330.2018, однако при этом разрушение образца произошло не хрупко, а пластично.

Анализ диаграмм «нагрузка–прогиб» и «изгибающий момент–кривизна» показал нелинейный характер работы элемента после образования трещин. Трещинообразование началось при нагрузке около 25% от предельной и наблюдалось в растянутых зонах пролётов и над центральной опорой. Полученные результаты подтверждают, что керамзитобетонные элементы при изгибе сохраняют работоспособность и демонстрируют удовлетворительное поведение под нагрузкой, что делает их перспективными для применения в строительных конструкциях.

Литература

1. ГОСТ 26633-2015 «бетоны тяжелые и мелкозернистые»;
2. СП 63.13330.2018 «бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01—2003»;
3. *Хан Шаян Али, Хуссейн Фазал, Хушнуд Рао Арсалан, Амджад Хасан, Ахмад Фархан,* Технико-экономическое обоснование использования вспененного глиняного заполнителя в качестве легкого бетона для неконструкционных применений, Достижения в гражданском строительстве, 2024, 8263261, 19 страниц, 2024. https://doi.org/10.1155/2024/8263261;
4. Рашад, А.М. Легкий вспененный глиняный заполнитель как строительный материал — обзор. В книге «Строительство и строительные материалы», Elsevier Ltd.: Амстердам, Нидерланды, 2018; Том 170, стр. 757–775;
5. *Бондарь В. В.* Конструкционный керамзитобетон в строительстве. Опыт и перспективы применения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2018. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsionnyy-keramzitobeton-v-stroitelstve-opyt-i-perspektivy-primeneniya;
6. *Мордич М.М.* Технология и физико-механические свойства керамзитопенобетона для монолитного и сборного строительства. *НАУКА и ТЕХНИКА*. 2019;18(4):292-302. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-4-292-302;
7. С.И. Атир, К.А. Али, Механические свойства легкого бетона с вспененным глиняным заполнителем (LECA), Sci. Rev. Eng. Environ. Sci. 31, 161–175 (2022).
https://doi.org/10.22630/srees.3150;
8. *Агравал, Й., Гупта, Т., Шарма, Р., Панвар, Н. Л. и Сиддик, С.* (2021). Комплексный обзор характеристик конструкционного легкого заполнителя бетона для устойчивого строительства. Строительные материалы, 1 (1), 39–62. https://doi.org/10.3390/constrmater1010003
9. *Москалькова Ю.Г.* Дисперсное армирование керамзитобетона полипропиленовой фиброй // Alfabuild. 2019. 12. С. 47–53. DOI: 10.34910/ALF.12.7;
10. *Кочерженко В.*, *Никулина Ю.* Методика расчёта прогибов в изгибаемых железобетонных элементах прямоугольного сечения на любом этапе их нагружения. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №. 6. С. 68-75. URL:https://naukaru.ru/ru/nauka/article/29307/view.
11. СП 351.1325800.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции из лёгких бетонов. Правила проектирования»

Behavior of a Beam Made of Lightweight Expanded Clay Concrete under Bending Moment

Zhazzan M., Markovich A.S., Kbeyli D., Obeid M.A.A.

RUDN University, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), JSC NEPT

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the bending behavior of a expanded clay concrete beam under static loading. A beam specimen measuring 1400 × 250 × 65 mm was manufactured using CEM I 42.5 cement, river sand, and expanded clay aggregate (5–10 mm fraction) using Sika ViscoCrete-200 superplasticizer. Tests were conducted on a MATEST test rig, with deflections recorded using a dial indicator. Load-deflection and bending moment-curvature relationships were obtained, and it was found that the maximum deflection was 5.8 mm, slightly exceeding the limit value according to SP 63.13330.2018. Cracking began at approximately 25% of the ultimate load, with failure being plastic in nature. The results confirm the high deformability of expanded clay concrete and its ability to redistribute forces.

Keywords: Expanded clay concrete, lightweight expanded clay concrete beam, linear deformations, beam deflection, curvature.

References

1. GOST 26633-2015 "Heavyweight and Fine-Grained Concrete";
2. SP 63.13330.2018 "Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions. SNiP 52-01-2003";
3. Khan Shayan Ali, Hussain Fazal, Khushnood Rao Arsalan, Amjad Hasan, Ahmad Farhan, Feasibility Study on the Use of Foamed Clay Aggregate as Lightweight Concrete for Non-Structural Applications, Advances in Civil Engineering, 2024, 8263261, 19 pages, 2024. https://doi.org/10.1155/2024/8263261;
4. Rashad, A.M. Lightweight Foamed Clay Aggregate as a Building Material — A Review. In: Construction and Building Materials, Elsevier Ltd.: Amsterdam, The Netherlands, 2018; Vol. 170, pp. 757–775;
5. Bondar, V. V. Structural Expanded Clay Concrete in Construction. Experience and Application Prospects // Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Sciences. 2018. No. 8. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsionnyy-keramzitobeton-v-stroitelstve-opyt-i-perspektivy-primeneniya;
6. Mordich, M. M. Technology and Physical and Mechanical Properties of Expanded Clay Foam Concrete for Monolithic and Precast Construction. SCIENCE and TECHNOLOGY. 2019;18(4):292-302. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-4-292-302;
7. S. I. Atir, K. A. Ali, Mechanical Properties of Expanded Clay Aggregate Lightweight Concrete (LECA), Sci. Rev. Eng. Environ. Sci. 31, 161–175 (2022).
https://doi.org/10.22630/srees.3150;
8. Agrawal, Y., Gupta, T., Sharma, R., Panwar, N. L., and Siddique, S. (2021). A Comprehensive Review on Performance of Structural Lightweight Aggregate Concrete for Sustainable Construction. Construction Materials, 1 (1), 39–62. https://doi.org/10.3390/constrmater1010003
9. Moskalkova Yu.G. Dispersed reinforcement of expanded clay concrete with polypropylene fiber // Alfabuild. 2019. 12. pp. 47–53. DOI: 10.34910/ALF.12.7;
10. Kocherzhenko V., Nikulina Yu. Methodology for calculating deflections in bending reinforced concrete elements of rectangular cross-section at any stage of their loading. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2016. No. 6. pp. 68–75. URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/29307/view.
11. SP 351.1325800.2017 "Concrete and Reinforced Concrete Structures Made of Lightweight Concrete. Design Rules"

Фрактальная математика и геометрия в архитектурной орнаментике Ирана

Хаддади Марьям
магистр, кафедра архитектурного и промышленного дизайна, Российский университет дружбы народов (РУДН), 1032249635@rudn.ru,

Исломова Амалия Джамшедовна
магистр, кафедра архитектурного и промышленного дизайна, Российский университет дружбы народов (РУДН), 1032249803@rudn.ru,

Городова Маргарита Николаевна
Российский университет дружбы народов (РУДН), gorodova-mn@rudn.ru

В данной работе рассматривается происхождение и развитие фрактальной геометрии, её основные свойства, такие как самоподобие и итеративность, а также её применение в математике, природе и динамических системах. Особое внимание уделяется взаимосвязи фрактальных структур с природными явлениями и процессами роста. Кроме того, исследуется сходство фрактальной геометрии с исламскими орнаментами, используемыми в архитектуре, особенно в иранских мечетях. Показано, что принципы фракталов, такие как повторяемость, масштабная инвариантность и стремление к бесконечности, находят отражение в традиционном исламском искусстве.
Ключевые слова: фрактал, фрактальная геометрия, самоподобие, итерация, теория хаоса, динамические системы, исламские орнаменты, архитектура, природа, масштабная инвариантность.

Введение

Фрактальная геометрия возникла в 1960–1970-х годах благодаря исследованиям Бенуа Мандельброта как альтернатива евклидовой геометрии для описания сложных природных форм. Её основными свойствами являются самоподобие и итеративность. Фракталы широко применяются для анализа природных явлений и сложных систем. В данной работе также рассматривается их связь с исламскими орнаментами в архитектуре.

В последние десятилетия проблема фрактальной геометрии и её применения активно изучается различными исследователями. Б. Б. Мандельброт заложил основы теории фракталов и предложил методы описания нерегулярных структур. В работах Х.-О. Пайтгена, Х. Юргенса и Д. Заупе рассматриваются границы хаоса и визуальные аспекты фракталов. М. Шрёдер и М. Барнсли исследуют связь фракталов с теорией хаоса и математическим моделированием. Кроме того, ряд авторов анализирует применение фракталов в динамических системах и природных процессах.

В области искусства и архитектуры особый интерес представляют исследования, посвящённые сходству фрактальных структур с художественными формами. В частности, Т. Буркхардт рассматривает исламское искусство с точки зрения его стремления к абстракции и выражению единства в многообразии, что позволяет провести параллели с принципами фрактальной геометрии.

Основная часть

История возникновения фрактализма, как правило, относится к 1960-м годам. Считается, что фрактальная геометрия сформировалась в результате исследований Бенуа Мандельброта в период 1960–1970 годов. Однако, по мнению некоторых исследователей, следы фрактальных структур можно обнаружить значительно раньше — например, в живописи Джексона Поллок, который жил задолго до Мандельброта.

Поллок в одну из долгих ночей, находясь в состоянии сильного эмоционального напряжения и на грани саморазрушения, создал одно из своих выдающихся произведений под названием «Синие столбы, номер 11» (1952). Он разлил краску на пол своей мастерской и с помощью простой палки распределял её по поверхности. Это был не первый случай, когда художник применял технику капельного нанесения краски.

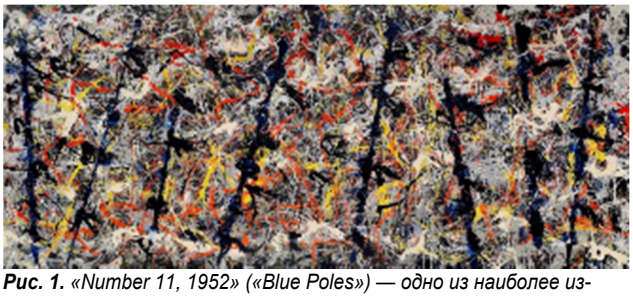


Рис. 1. *«Number 11, 1952» («Blue Poles») — одно из наиболее известных произведений Джексона Поллока в стиле абстрактного экспрессионизма. https://www.tallengestore.com/products/blue-poles*

В отличие от традиционных мазков кистью, которые создают прерывистые линии, Поллок разработал технику, при которой краска свободно стекала, образуя непрерывные и уникальные линии. Предполагалось, что данный процесс носит в основном случайный характер. Это представление соответствовало более широкому взгляду того времени, согласно которому природа рассматривалась как хаотичная система, действующая случайным образом. Однако при более глубоком анализе становится очевидно, что в его работах присутствует определённая структура и скрытый порядок.

Самоподобие в геометрических формах:

Фракталы обладают свойством самоподобия, что означает: фрактальная структура на любом масштабе сохраняет сходство с самой собой. Иными словами, целое формируется из частей, каждая из которых подобна целому. Данное свойство называется самоподобием.

Например, в треугольнике Серпинского большой треугольник образуется из совокупности меньших треугольников, сходных между собой.

Это является одной из наиболее эстетически выразительных характеристик фракталов, которая одновременно используется как в природных процессах, так и в технологических приложениях.

Рис. 2. *Треугольник Серпинского, сгенерированный методом итерационной функции (IFS).*
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sierpinski.gif

Итеративная природа фракталов:

Фракталы, как правило, формируются посредством повторяющихся (итеративных) процессов. Для построения фрактала можно рассмотреть простую геометрическую фигуру, например отрезок или треугольник, и выполнить над ней определённую операцию. В результате получается более сложная структура по сравнению с исходной. Повторяя ту же операцию над вновь полученной формой, мы получаем ещё более сложную структуру. Этот процесс может продолжаться бесконечно.

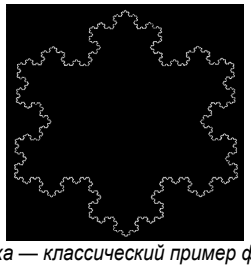


Рис. 3. *Снежинка Коха — классический пример фрактальной геометрии, демонстрирующий бесконечную сложность и самоподобие структуры.*
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flocon_de_Koch.png

Например, простое деление отрезка на части, даже при бесконечном продолжении, не приводит к образованию фрактальной структуры. В дальнейшем рассматривается пример итеративного процесса: возьмём часть отрезка и удалим его среднюю треть. Оставшаяся фигура представляет собой отрезок с пустотой в середине. Повторяя данную операцию для оставшихся частей и продолжая процесс до бесконечности, мы получаем фрактальную структуру, известную как «пыль Кантора».

Применение в неевклидовой геометрии и природе:

При более внимательном рассмотрении окружающего мира становится очевидным, что существуют явления, которые невозможно точно описать средствами классической (евклидовой) геометрии из-за их нерегулярной формы.

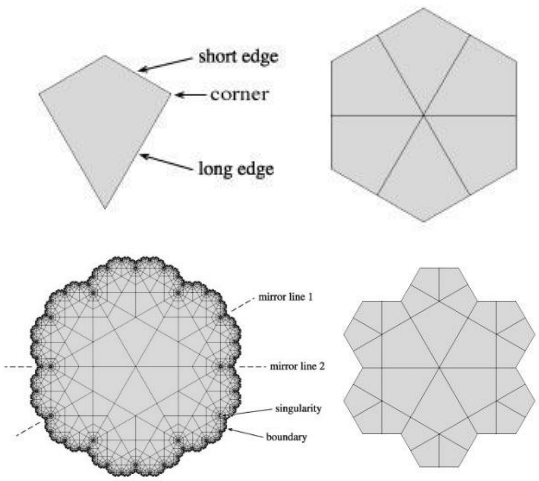


Рис. 4. *Этапы построения фрактального замощения: от выбора прототайла и формирования начальной симметричной структуры до последовательного масштабирования и усложнения узора.*
https://www.mathartfun.com/enc□clopedia/Introduction.html

К таким явлениям относятся поверхности континентов, земная кора, горные массивы, реки, топография территорий, трещины в породах и процессы разрушения минералов.

Для анализа подобных нерегулярных и сложных структур применяется фрактальная геометрия, которая представляет собой альтернативный подход к описанию объектов с дробной размерностью и сложной морфологией.

Следовательно, фрактальная геометрия служит инструментом для описания природы в её реальном виде — так, как она существует, а не в упрощённой форме, навязанной классическими математическими моделями.

Ростовые процессы и фрактальные модели:

Ростовые явления наблюдаются в природе на различных масштабах — от малых до больших. К ним относятся рост кристаллов в горных породах, электрохимические процессы осаждения, структуры облаков, речные сети и рост бактериальных колоний.

Ростовые структуры связаны с понятием фракталов. Впервые Виттен и Сандер представили модель, известную как ограниченная диффузионная агрегация (DLA).

Что такое фрактал:

Фрактал — это сложная геометрическая форма, состоящая из бесконечного числа меньших частей, подобных исходной форме.

Для лучшего понимания: представим равносторонний треугольник. Если соединить середины его сторон, внутри образуется новый треугольник, и исходная фигура делится на четыре меньших треугольника.

Термин «фрактал» впервые был введён в 1975 году Бенуа Мандельбротом для описания группы нерегулярных форм.

Специалисты в области компьютерной графики широко используют фракталы для создания изображений, похожих на природные объекты, такие как пейзажи, облака, леса, береговые линии и другие структуры с повторяющимися узорами.

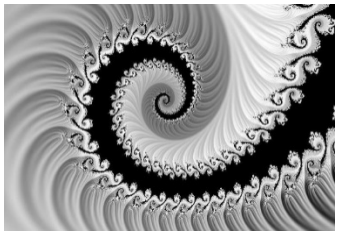


Рис. 5. *Фрактальная спираль*
https://www.flickr.com/photos/vent□_lator/5367445505/

Одной из особенностей фракталов является то, что при увеличении каждая их часть остаётся подобной целому; каждая часть фрактала сама является фракталом и может делиться на более мелкие части до бесконечности.

Ещё одной особенностью является то, что фракталы обладают ограниченным периметром, однако их площадь не может быть точно измерена, так как это зависит от масштаба, на котором рассматривается наименьшая часть структуры.

Существуют также известные математические структуры, относящиеся к классу фракталов. Среди них можно назвать: «треугольник Серпинского», «кривая Пеано», «кривая Коха», «множество Мандельброта» и «аттрактор Лоренца».

Связь кривой Лоренца с метеорологией основана именно на этом тонком свойстве. Мандельброт в своих объяснениях отмечает: «…в данном явлении явно наблюдаются дробление и повторное деление на более мелкие части. С другой стороны, слово fractus связано также с представлением о преломлении и может означать “хаос”».

Понятие хаоса (Chaos) также рассматривается в современной философии как «порядок в беспорядке». Мандельброт полагает, что структура природы носит фрактальный характер.

Размерность можно определить следующим образом: если при увеличении масштаба в K раз объект увеличивается в N раз, то его размерность определяется соответствующим соотношением.

Например, если длину отрезка увеличить в два раза, сам отрезок также увеличивается в два раза, следовательно, он является одномерным объектом.

Если же стороны квадрата увеличить в два раза, его площадь увеличится в четыре раза, следовательно, квадрат является двумерной фигурой.

В фракталах размерность определяется аналогичным образом. Например, кривая Коха, являющаяся одним из известных фракталов, имеет дробную размерность, равную приблизительно 1,26.

Фракталы и масштабы:

Особый класс хаотических систем, известный как странные аттракторы (Strange Attractors), представляет собой важную категорию фрактальных структур. Одним из наиболее известных примеров таких систем является аттрактор Лоренца, широко используемый в исследованиях динамических процессов.

Среди различных типов фракталов особое место занимает множество Мандельброта. Оно формируется на основе итерационного процесса в пространстве комплексных чисел, при котором результат каждого шага используется в качестве входных данных для следующего.

В ходе многократного повторения этого процесса возникает совокупность точек, образующая чрезвычайно сложную и визуально выразительную структуру, известную как множество Мандельброта.

При модификации исходного правила итерации могут быть получены и другие типы фрактальных структур. В частности, изменение параметров или ролей переменных приводит к формированию так называемых множеств Жюлиа, которые также обладают сложной геометрией и разнообразными визуальными формами.

Таким образом, варьируя условия и параметры итерационных процессов, можно получать широкий спектр фрактальных структур и исследовать их свойства с помощью визуализации.

Некоторые математические понятия, связанные с фракталами:

Среди понятий, используемых в фрактальной геометрии и полезных для исследований, можно выделить следующие: комплексные числа, логистические уравнения, константа Фейгенбаума, итерационные функции, L-системы, фракталы Ляпунова.[1] Также существуют интересные области применения, такие как: фрактальные горные ландшафты, фрактальная музыка, плазменные облака.[2]

Теория фракталов в динамических системах:

В данном разделе рассматриваются процессы роста и трансформации в нелинейных и самоорганизующихся системах, их фрактальные структуры и связь с теорией хаоса.

Размерность пространства в евклидовой геометрии всегда выражается целыми числами, тогда как во фрактальном пространстве она может быть дробной или нецелой. Исследование фрактальных явлений в последние годы привлекло значительное внимание в различных областях, включая физические, технические и исследовательские процессы.

В частности, многие природные явления и объекты, такие как деревья, облака, горы, кластеры, галактики, микроскопические структуры, песчаные образования, реки и береговые линии, обладают фрактальными характеристиками и могут быть описаны и смоделированы с помощью фрактальной геометрии.[3]

Теория фракталов и её связь с геометрией форм:

Для понимания теории фракталов целесообразно рассмотреть процесс итерации (динамического повторения) в пространстве. Итерация представляет собой процесс, при котором система использует результат своего предыдущего состояния в качестве входных данных для формирования нового состояния.

Для наглядного представления данного процесса можно рассмотреть простой геометрический пример. Пусть имеется отрезок произвольной длины, который делится на три равные части. Средняя часть удаляется, а два крайних сегмента соединяются таким образом, что образуется равносторонний треугольник.

После этого данный процесс можно повторять последовательно: каждый отрезок вновь делится на три равные части, средняя часть удаляется, а оставшиеся части соединяются аналогичным образом — и так до бесконечности, формируя сложную геометрическую структуру.

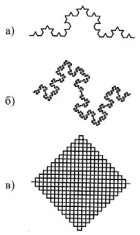


***Рис. 6.** Примеры фрактальных кривых (включая кривую Коха), иллюстрирующие итеративный процесс построения, при котором простая линия превращается в сложную структуру с бесконечной длиной и свойствами пространственного заполнения.*
https://www.ad.ntust.edu.tw/grad/think/2paper/WEN1/BASICF~1/BASICF~1.HTM

Аналогичный процесс можно реализовать и другим способом: например, на месте удалённой средней части можно построить квадрат. При многократном повторении этого действия возникает новая структура, изображённая на рисунке.

Если же исходный отрезок делить не на три, а на четыре равные части, и в центральной области строить квадрат, направленный в противоположную сторону, а затем повторять этот процесс, получается другая фрактальная структура.

Это свойство называется самоподобием (или самосходством): подмножества при увеличении оказываются сходными друг с другом и с целым множеством — это ключевая характеристика фрактальной геометрии, отличающая её от классической евклидовой.

Кроме того, при каждом шаге итерации длина фрактальной кривой увеличивается. В предельном случае (при бесконечном числе итераций) длина кривой становится бесконечной несмотря на то, что она располагается в ограниченной области пространства и не пересекает саму себя.

В качестве примера можно рассмотреть фракталы, изображённые на рисунке (формы А и Б), где каждая часть заменяется элементом, состоящим из пяти компонентов.

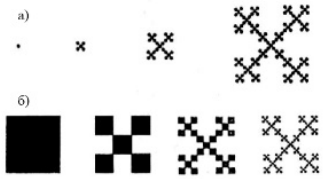


***Рис. 7.** Итерационная процедура построения самоподобных фракталов: (а) путём повторяющегося добавления элементов, (б) посредством последовательного деления исходной структуры. При $k \to \infty$ формируется математический фрактал с бесконечной детализацией.*
https://www.hiskp.uni-bonn.de/uploads/media/fractal_II.pdf

Определение статистического самоподобия для фракталов или нерегулярных явлений не является простой задачей и требует применения специальных методов анализа.

Случайные и нерегулярные фрактальные явления

Случайные шаги, которые называются движением «извне внутрь» или процессом Уинера, имеют широкое применение в различных научных областях. Движение частиц при помощи случайных воздействий представляет собой очень подходящую математическую модель для формирования случайных и нерегулярных фракталов и предоставляет учёным соответствующие инструменты. Таким образом, многие фрактальные явления, существующие в природе (такие как горы, облака, побережья и т.п.), моделируются и симулируются.[5]

В отношении случайных и нерегулярных фрактальных явлений вопрос самоподобия, который ранее рассматривался (как точное или статистическое самоподобие), может отличаться. В случае точного самоподобия формы повторяются (строго или статистически), однако в случайных и нерегулярных фракталах статистическое повторение возможно только тогда, когда оно осуществляется в различных измерениях и масштабах. Таким образом, самоподобие означает наличие особых геометрических свойств, при которых изменения масштаба, с одной стороны, сохраняются, а с другой — приводят к вариациям.

Если в некоторых точках наблюдаются ярко выраженные сходства, то в случайных явлениях (статистических фракталах) возникает распределённость. Поэтому, если некоторые части явления имеют кривизну или отклонения, другими словами, в разных направлениях и масштабах наблюдаются различные пропорции, свойство самоподобия (самоповторяемости) остаётся проявленным.

Развитие и рост фракталов

Фрактальные явления являются продуктом процессов роста и развития, которые обычно существуют в природе; в частности, для их объяснения и описания выделены так называемые системы «L» или «системы Линденмайера».[6] В этом методе для объяснения фрактального развития во времени, в форме моделирования, используются эрозионные алгоритмы для анализа фрактальных явлений (таких как горы), а также эволюционные алгоритмы — для явлений, которые разрастаются (таких как растения и деревья).

В любом случае, между процессом роста и развития, с одной стороны, и формой, и обликом — с другой, всегда существует сильная взаимосвязь; именно эта связь является определяющей. Здесь форма, с математической точки зрения, является функцией времени; и форма или структура — это не только пространственная конфигурация, но и может

рассматриваться событие пространства–времени.[29] Модель системы «L», которая также называется системой

«параллельное перефразирование» , по сути основана на том, что развитие структуры можно рассматривать как выполнение (итерацию) программы развития, существующей в начальном ядре (семени); в результате развивающаяся структура образует динамическую совокупность из конечных элементов, которая формирует соответствующую форму…

Фрактальная геометрия является геометрией всего нашего мира; то есть это такая геометрия, которой подчиняются элементы живых существ — от одноклеточных организмов до сложных организмов — и даже неживые объекты. По словам философов, все они также подчиняются этой логике; это включает и молекулярные структуры и атомы. Такие формы обычно называют фрактальными.

Согласно исследованиям, проведённым в области исламских геометрических узоров — арабесок, хатайи и других геометрических орнаментов, — было доказано, что они соответствуют фрактальной геометрии. Интересно, что то, что наука XXI века открыла вычислительным путём, иранские художники много тысяч лет назад интуитивно понимали; и это также известно в иранской музыке и архитектуре.

В настоящее время во всех областях физики, таких как электричество и волны, тема фракталов является актуальной. Кроме того, в современной физике значительная часть основана на так называемой теории хаоса. Эта теория во многом опирается на пересмотр традиционных представлений и описывает мягкие и криволинейные структуры, которые повторяются посредством одного уравнения и тем самым подтверждают существование полностью фрактальной формы.

Таким образом, фрактальная геометрия может рассматриваться как философская и мировоззренческая основа; фрактальное мировоззрение предполагает единство и интеграцию наук, искусств и технологий. Всё сущее — это одно и то же, проявляющееся в различных формах; единое общее правило управляет ими. Фрактальная геометрия показывает, что бесконечность, которую человек постоянно ищет, присутствует во всём.

По словам Витгенштейна, мы видим вещи такими, какими хотим их видеть — это наблюдение применимо и к пониманию фрактальной природы мира. [7]

Анализ сходства фрактальной геометрии с исламскими узорами

Как видно, исламские узоры основаны на принципе абстракции или обобщения. «Буркхарт» в книге «Священное искусство» подчёркивает этот смысл и, объясняя причину этого, указывает, что: «Мусульманский художник не обращает внимания на внешнюю форму объектов и явлений и не изображает их проявления священным образом».[8]

Похоже, что указанная выше причина абстракции у мусульманских художников верна, поскольку они имеют дело со священной сущностью вещей, которая чужда материальному миру, и, по сути, они рассматривают объекты как «проявление истины бытия».

Понятие, известное как «единство существования», указывает на то, что всё сущее неосознанно направлено к божественному источнику. Поэтому художник неизбежно стремится выйти за пределы материальных форм, чтобы достичь высшего мира. Мы намерены показать, что эта абстракция соответствует основному закону, согласно которому сущее возникает из небытия.

Снова приведём пример из Буркхарта: «Здесь необходимо отметить различие между исламским абстрактным искусством и современным абстрактным искусством. Современный художник стремится к более непосредственным, резким (и в то же время более сложным) формам для выражения иррациональных импульсов, возникающих из подсознания. В то время как мусульманский художник, напротив, создаёт искусство, выражающее закон, который наиболее прямо показывает единство в многообразии».[9]

Под «законом» в приведённой фразе можно понимать фрактальные законы, особенно закон самоподобия и соответствия. Для дальнейшего объяснения можно сопоставить принципы фрактальной геометрии с особенностями исламского искусства:

- Геометрия исламских узоров самоподобна. Например, в мукарнасах мечетей все элементы можно рассматривать как составленные из повторяющихся частей.
- Исламские узоры не являются бесконечными, однако художник стремится заполнить пространство как можно больше, приближаясь к бесконечности, что делает их сходными с фрактальной геометрией.
- Хотя это сходство с точки зрения ограничений не является полностью фрактальным, однако стремление к детализации и повторяемости в произведениях мусульманских художников оправдывает это сравнение.
- Исламские узоры обладают свойством «Attractor», то есть (с учётом вышеизложенного) каждый раз, когда художник приближается к окончательной форме, он добавляет больше деталей, но зрительное восприятие направляется к ощущению бесконечности.
- Кроме того, исламские узоры имеют «Unit-Cell» (как и фракталы), которые художник повторяет рядом друг с другом, формируя целостную структуру.
- «Initiator» в исламском искусстве, как и во фрактальной геометрии, также обладает законом воспроизводства.

Как уже наблюдается, для понимания сходства двухмерного узора с исламскими орнаментами достаточно взглянуть на узор внутри купола мечети Шейха Лютфуллы в Исфахане (слева) или на его Projection Point и уровни, которые приближаются к форме дерева. Можно сказать, что, несмотря на то что мусульманский художник представляет себя лишённым материальной сущности и стремится к миру метафизики, он, тем не менее, обращается к чувственным факторам.

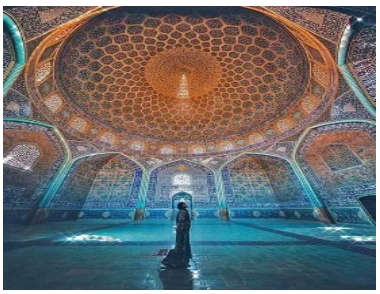


Рис. 12. *внутри купола мечети Шейха Лютфуллы*
https://www.alibaba.ir/mag/isfahan/isfahan-ci/sheikh-lotfollah-mosque/

Заключение и результаты

Внимание к вопросу близости исламского сакрального искусства с новыми научными подходами может стать подходящим стимулом для новых направлений исследований и с этой точки зрения подлежит рассмотрению:

1. Более глубокое понимание и доступ к смыслам современных исследований: например, приведём высказывание Буркхарта: «Дворцовые арки Альгамбры выглядят так, будто они сотканы из света и вибрации света. Даже можно сказать, что их внутренняя сущность — не камень, а божественный свет, творческий разум».[10]

Можно заметить, что понимание этого текста для человека, знакомого с Gasket в фрактальной геометрии, становится гораздо более осязаемым.

2. Критика, которая без подобных сопоставлений останется без доказательства или неопределённой: для приведения примера снова обратимся к той же книге:

«Несомненно, воспоминания кочевников, включающие ковры и шатры, остаются в мукарнасах арок и сводов».[11]

Обратите внимание, с какой уверенностью говорится о влиянии подобных воспоминаний и соотнесении мукарнасов с кочевой культурой.

Безусловно, учитывая приведённую ниже схему и сравнение между мукарнасами и структурой клеток у человека и растений, мы усомнимся в этом утверждении.

В завершение можно привести ещё один пример сходства между узорами (особенно исламскими узорами) и результатами фрактальной геометрии, который был представлен в данной работе.

Рис.13. *Рис. X. Потолочный орнамент в иранской архитектуре, демонстрирующий радиальную симметрию, повторяемость и иерархическую организацию элементов, что позволяет рассматривать его как визуальное проявление принципов фрактальной геометрии.*
https://www.adventurecoordinators.com/travel-and-tours/iran

Литература

1. Мандельброт, Б. Б. Фрактальная геометрия природы. Москва: Издательство «Мир», 2002. 656 с.

2. Пейтген, Х.-О., Юргенс, Х., Заупе, Д. Фракталы: Границы хаоса. Москва: Издательство «Мир», 1992. 296 с.

3. Ахарони, А. «Фрактальный рост», в A. Bunde и S. Havlin (ред.), Фракталы и неупорядоченные системы. Springer-Verlag, 1991; Мандельброт и Эвертс, цит. соч.; Прокачча, И. и Зейтак, Р. «Форма фрактальных паттернов роста: точно решаемые модели и соображения стабильности», Physical Review Letters, том 60, 1988, с. 2511–2519.

4. Смит, Л. Б. и Телен, Э. (ред.). Динамический системный подход к развитию: приложения. MIT Press, 1993; Ван Геерт, П. (ред.). Разум и движение. MIT Press, 1994; Шредер, цит. соч.

5. Там же; Восс, Р. Ф. (1985). «Случайные фрактальные подделки», в Эршоу (ред.), Фундаментальные алгоритмы для компьютерной графики. Springer-Verlag, 1984, стр. 805–835; Пинн и Скьельтроп, цит. соч.

6. Линденмайер, А. «Математические модели клеточного взаимодействия в развитии», Журнал теоретической биологии, том 18, 1968, стр. 280–315.

7. Витгенштейн, Л. Философские исследования. Москва: Издательство АСТ, 2011. 288 с.

8. Буркхардт, Т. Священное искусство. Перевод с персидского Дж. Саттари. Тегеран: Соруш, 2-е издание, с. 131 и последующие страницы.

9. Там же, с. 48.

10. Там же, с. 136.

11. Буркхардт, Т. Священное искусство. Перевод с персидского Дж. Саттари. Тегеран: Соруш, 2-е издание, с. 137.

12. URL: ftp://rtfm.mit.edu/pub/usenet/comp.compression (дата обращения: 28.04.2026).

13. URL: http://www.cnam.fr/fractals/mandel.html (дата обращения: 28.04.2026).

14. URL: http://www.vis.colostate.edu/~user1209/fractals/explorer/Christias_Mandelbrot_Explorer (дата обращения: 28.04.2026).

15. URL: http://reality.sgi.com/employees/rck/hydra/ (дата обращения: 28.04.2026).

16. URL: http://www.mindspring.com/~chroma/mandelbrot.html (дата обращения: 28.04.2026).

17. URL: http://www.sunlabs.com/~shirriff/java/ (дата обращения: 28.04.2026).

18. URL: ftp://ftp.ira.uka.de/pub/graphics/fractals (дата обращения: 28.04.2026).

19. URL: http://oak.oakland.edu/pub/os2/graphics/ (дата обращения: 28.04.2026).

20. URL: http://fractal.mta.ca/spanky/programs/unix/xfract304.tgz (дата обращения: 28.04.2026).

21. URL: http://spanky.rium.ca/pub/fractals/programs/AMIGA/ (дата обращения: 28.04.2026).

22. URL: http://itsnet.com/~bug/fractals/Lyapunovia.html (дата обращения: 28.04.2026).

Fractal Mathematics and Geometry in the Architectural Ornamentation of Iran

Haddadi M., Islomova A.D., Gorodova M.N.
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN)

JEL classification: L61, L74, R53

This paper examines the origin and development of fractal geometry, its main properties, such as self-similarity and iterativity, as well as its application in mathematics, nature, and dynamic systems. Particular attention is paid to the relationship between fractal structures and natural phenomena and growth processes. In addition, the study explores the similarity between fractal geometry and Islamic ornaments used in architecture, especially in Iranian mosques. It is shown that the principles of fractals, such as repetition, scale invariance, and the tendency toward infinity, are reflected in traditional Islamic art.

Keywords: fractal, fractal geometry, self-similarity, iteration, chaos theory, dynamic systems, Islamic ornaments, architecture, nature, scale invariance.

References

1. Mandelbrot, B. B. *The Fractal Geometry of Nature*. Moscow: Mir Publishers, 2002. 656 p.
2. Peitgen, H.-O., Jürgens, H., Saupe, D. *Fractals: Frontiers of Chaos*. Moscow: Mir Publishers, 1992. 296 p.
3. Aharony, A. “Fractal Growth”, in A. Bunde and S. Havlin (eds.), *Fractals and Disordered Systems*. Springer-Verlag, 1991; Mandelbrot and Evertsz, op. cit.; Procaccia, I. and Zeitak, R. “Shape of Fractal Growth Patterns: Exactly Solvable Models and Stability Consideration”, *Physical Review Letters*, Vol. 60, 1988, pp. 2511–2519.
4. Smith, L. B. and Thelen, E. (eds.). *A Dynamic Systems Approach to Development: Applications*. MIT Press, 1993; Van Geert, P. (ed.). *Mind and Motion*. MIT Press, 1994; Schroeder, op. cit.
5. Ibid.; Voss, R. F. (1985). “Random Fractal Forgeries”, in Earnshaw (ed.), *Fundamental Algorithms for Computer Graphics*. Springer-Verlag, 1984, pp. 805–835; Pynn and Skjeltrop, op. cit.
6. Lindenmayer, A. “Mathematical Models for Cellular Interaction in Development”, *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 18, 1968, pp. 280–315.
7. Wittgenstein, L. *Philosophical Investigations*. Moscow: AST Publishers, 2011. 288 p.
8. Burckhardt, T. *Sacred Art*. Translated from Persian by J. Sattari. Tehran: Soroush, 2nd edition, p. 131 and following pages.
9. Ibid., p. 48.
10. Ibid., p. 136.
11. Burckhardt, T. *Sacred Art*. Translated from Persian by J. Sattari. Tehran: Soroush, 2nd edition, p. 137.
12. URL: ftp://rtfm.mit.edu/pub/usenet/comp.compression (accessed: 28.04.2026).
13. URL: http://www.cnam.fr/fractals/mandel.html (accessed: 28.04.2026).
14. URL:http://www.vis.colostate.edu/~user1209/fractals/explorer/Christias_Mandelbrot_Explorer (accessed: 28.04.2026).
15. URL: http://reality.sgi.com/employees/rck/hydra/ (accessed: 28.04.2026).
16. URL: http://www.mindspring.com/~chroma/mandelbrot.html (accessed: 28.04.2026).
17. URL: http://www.sunlabs.com/~shirriff/java/ (accessed: 28.04.2026).
18. URL: ftp://ftp.ira.uka.de/pub/graphics/fractals (accessed: 28.04.2026).
19. URL: http://oak.oakland.edu/pub/os2/graphics/ (accessed: 28.04.2026).
20. URL: http://fractal.mta.ca/spanky/programs/unix/xfract304.tgz (accessed: 28.04.2026).
21. URL: http://spanky.rium.ca/pub/fractals/programs/AMIGA/ (accessed: 28.04.2026).
22. URL: http://itsnet.com/~bug/fractals/Lyapunovia.html (accessed: 28.04.2026).

Детская инфраструктура в системе жилой среды на примере крупных городов мира: Хельсинки, Копенгаген и Лондон

Виленский Михаил Юрьевич
доцент, кандидат архитектуры, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, vilenm@list.ru,

Калинина Полина Валерьевна
магистрант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, polinaka5294@yandex.ru

Статья посвящена актуальной проблеме отсутствия системного подхода к размещению детской инфраструктуры, что ведет к фрагментарности детской среды и снижению качества жизни детского населения. Целью исследования является выявление эффективных градостроительных подходов к размещению объектов детской среды в структуре жилой застройки. Проведён комплексный сравнительный анализ градостроительного опыта Хельсинки, Копенгагена и Лондона на трех уровнях городской среды: общегородском, районном и квартальном. Особое внимание уделяется концепции «города, доброжелательные к детям и подросткам» и созданию безопасных бестранспортных маршрутов. В работе оцениваются ключевые критерии территорий: обеспеченность объектами, велопешеходная доступность, связанность объектов между собой, безбарьерность, открытость/закрытость кварталов, масштабность, бестранспортность, наличие/отсутствие интегрированных зеленых зон и функциональная насыщенность («наполненность»).
Ключевые слова: детская инфраструктура, детская среда, городская среда, доступность, связанность, зеленый каркас, безопасность, развитие детей.

Введение

Рост населения и урбанизация усиливают потребность в безопасной и развитой детской инфраструктуре. Дети - лица до достижения им возраста 18 лет (совершеннолетия). [12] Дети формируют специфические паттерны использования городского пространства (игра, учёба, передвижение). [13] Они являются одновременно «отдельной» и интегрированной в социальную среду группой. В практике выделяют возрастные подгруппы, поскольку потребности и восприятие среды существенно различаются: ранний (0–3 года) и дошкольный (4–6 лет) возраст – несамостоятельны, нуждаются в безопасных пешеходных маршрутах, близости детских садов, простых игровых зонах и центрах детского развития. Младший (7–10 лет) и старший (7–10 лет) школьный возраст: самостоятельны, нуждаются в близости школ, безопасных велопешеходных маршрутов, доп. образовательных учреждениях, спортивных и игровых площадках. [4,9]

Социальная инфраструктура для детей - система объектов (зданий, строений, сооружений), необходимых для жизнеобеспечения детей, а также система организаций независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, которые оказывают социальные услуги гражданам, в том числе детям, и деятельность которых осуществляется в целях обеспечения полноценной жизни, охраны здоровья, образования, отдыха и оздоровления, развития детей, удовлетворения их общественных потребностей.[11]

К инфраструктуре для детей, относятся объекты: спорта (бассейны, школы, стадионы, секции и клубы), дошкольного, школьного и внешкольного образования (детские сады, школы, специализированные школы, библиотеки, дама творчества, культурные центры, клубы и секции), культуры и развлечений (театры, кинотеатры, парки аттракционов, концертные залы, музеи, игровые комнаты), досуга и оздоровления (поликлиники, санатории, лагеря отдыха), специализированные (специализированные школы для трудных подростков, дом-интернат, детский дом, реабилитационные центры), а также рекреационные (плоскостные спортивные и игровые площадки). [7]

Детская инфраструктура – совокупность социальных объектов для детей, включая открытые игровые и спортивные пространства, объединенных между собой велопешеходными связями, интегрированных в систему городской среды, обеспечивающих их доступность, безопасность, бестранспортность, безбарьерность, качество и функциональную наполненность.

Проблематика темы. В современном градостроительстве отсутствует комплексный подход к проектированию единой детской среды. Локальное и изолированное размещение объектов детской инфраструктуры приводит к фрагментации городского пространства и снижает их доступность. Данный разрыв в планировании игнорирует системный характер потребностей детей. Ппространственное развитие должно базироваться не только на количественных, но и на качественных характеристиках размещения объектов. [15]

Изученность темы. Несмотря на исследования Бунькиной И. А. о благоустройстве площадок и Аткиной Л. И. с соавторами о школьных центрах тема детской инфраструктуры как единой территориальной системы остается фрагментарно изученной. [1,2] Большинство работ, включая социологические исследования Ракитиной Н. Э., Шпаковской Л. Л. и Симоновой Е. А., фокусируются на восприятии среды и отдельных элементах, не предлагая комплексного градостроительного подхода.[3,10,14] В связи с этим анализ зарубежного опыта размещения детской инфраструктуры обладает научной новизной и восполняет методологический разрыв, формируя комплексный подход.

Целью исследования является: выявить эффективные подходы к размещению детской инфраструктуры и формированию детской среды для отечественной градостроительной практике на основе сравнительного анализа мирового опыта крупнейших городов.

Задачи исследования:

- рассмотреть размещение детской инфраструктуры и формирование детской среды в ткани крупнейших городов мира;
- провести сравнительный анализ размещения, связанности и характеристик элементов детской инфраструктуры по выявленным критериям;
- сформулировать эффективные подходы размещения детской инфраструктуры и формирования детской среды для интеграции их в отечественную градостроительную практику;

Основная часть

ФИНЛЯНДИЯ: Хельсинки – зеленый город для детей с велопешеходной системой.

В Финляндии четырехуровневая система образования включает: раннее детское воспитание (0–6 лет), реализуемое через сеть муниципальных, частных детских садов и семейный уход; обязательную годичную предшкольную подготовку (6 лет); базовое общее образование (1–9 классы) для учащихся 7–16 лет на базе муниципальных и частных школ. Завершающим этапом является полное среднее или профессиональное обучение (17–18 лет), организованное в государственных и частных школах, лицеях и колледжах. [20] Население Хельсинки составляет 689 758 чел., из них 70356 чел. (10,1%) в возрасте 0-6 лет и 80702 чел. (11,7%) в возрасте 7–17 лет. Дети разговаривают на финском и шведском языках. Структура детского населения состоит их трех подгрупп: 0–6 (дошкольники), 7–12 (младшие школьники), 13–17 (подростки). Преобладают семьи с одним-двумя детьми. Доля детей в Хельсинки ниже, чем в целом по Финляндии, но в растущих районах (Яткасаари, Кальасатама, Хернесаари) увеличивается. Городская политика Хельсинки направлена на обеспечение разнообразных игровых, развивающих и спортивных площадок в пределах шаговой доступности.

На городском уровне рассматривается город Хельсинки. Зеленый каркас города занимает 30% его территории, обеспечивая благоприятную среду для здоровья населения [23]. Спортивные объекты для детей преимущественно концентрируются вдоль транспортных артерий. Благодаря развитой сети велодорожек протяженностью более 1500 км в городе реализована концепция независимой мобильности: дети могут безопасно и самостоятельно перемещаться между ключевыми объектами [21]. В структурном распределении детской инфраструктуры преобладают спортивные сооружения (69%), долю центров развития составляет 17%, развлекательных объектов — 14%. Высокий уровень обеспеченности в соответствии с демографическими потребностями подтверждается наличием 100 многофункциональных школ (на 45 000 мест) и 350 детских садов (на 120 000 мест) [16].

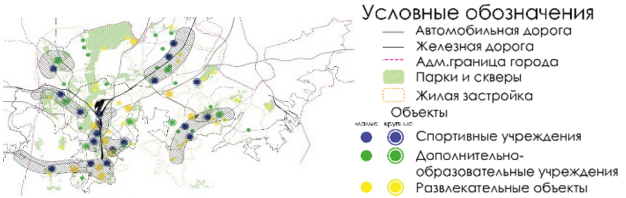


Рис.1 – Схема размещения детской инфраструктуры Хельсинки на городском уровне.

На районном уровне рассматривается район Яткасаари (Jätkäsaari). Площадь - 116 га, плотность 181 чел/га, 23 000 жителей, из которых 4 580 – дети. Изохронный анализ подтвердил нормативную 15-минутную пешеходную доступность объектов дополнительной инфраструктуры (досуговой, спортивной, культурной, развлекательной) относительно базовых образовательных учреждений. Рекреационная сеть связывает кварталы в единую систему. Важно отметить малое количество развлекательных объектов и дополнительных объектов образования в районе.

Рис.2 – Схема детской инфраструктуры Хельсинки на районном уровне.

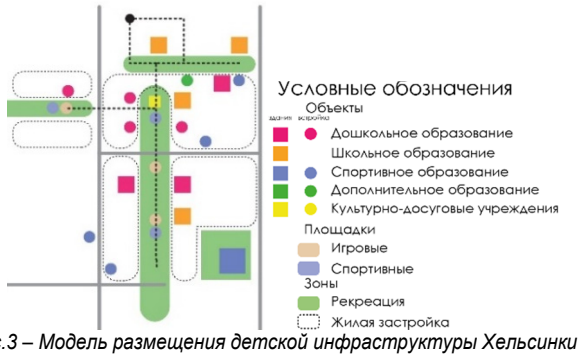


Рис.3 – Модель размещения детской инфраструктуры Хельсинки на районном уровне.

На квартальном уровне, ограниченного улично-дорожными магистралями, отмечается ограниченная функциональная насыщенность. Образовательные объекты располагаются в жилой застройке вблизи линейного зеленого ядра, в котором размещаются игровые и спортивные площадки. Спортивные сооружения служат доминантой, располагаясь на узлах транспортного каркаса. Проницаемая структура застройки тесно связана с рекреационным каркасом квартала. Зонирование разделяет приватные площадки объектов и публичные пространства в зеленом ядре, выступающем ключевым аттрактором квартала.

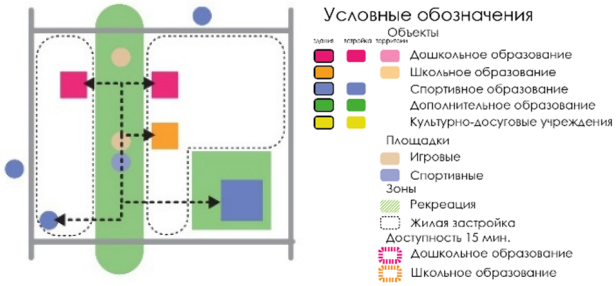


Рис.4 – Схема детской инфраструктуры Хельсинки на квартальном уровне.

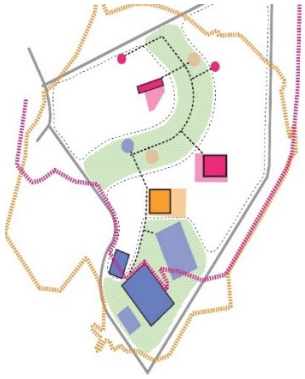


Рис.5 – Модель размещения детской инфраструктуры Хельсинки на квартальном уровне.

ДАНИЯ: Копенгаген – город «близкого соседства» и внешкольного детского развития.

Дания включает три основных уровня образования. Первый уровень представлен факультативным дошкольным воспитанием (0–6 лет), реализуемым в муниципальных и частных детских садах. Второй уровень охватывает обязательное начальное образование (0–9 классы) для детей в возрасте 6–16 лет в государственных и частных школах. Третий уровень (17–19 лет) завершает систему среднего образования и подразделяется на общеобразовательное и профессиональное направления, выполняющие функцию довузовской подготовки в учреждениях государственной и частной форм собственности. [17] Население города составляет 1 246 671 человек, из которых 273 021 (21,9%) дети. Детское население делят по возрасту: младенцы (0–2 года), дошкольники (3–6 лет), младшие школьники (7–11 лет), подростки (12–17 лет). Детское население в основном разговаривает на датском языке. В большинстве семей 1–2 ребёнка. В городских районах, включая Копенгаген, доля семей с одним ребёнком и без детей выше, чем в сельской местности.

На городском уровне Копенгаген стремится обеспечить качественное образование и досуг. В городе функционирует 150 государственных

школ и 250 детских садов, обеспечивая 105000 и 75000 мест соответственно, что указывает на дефицит обеспеченности. [22] Зеленый каркас занимает 25% территории, равномерно распределен и интегрирован в городскую ткань, а объекты инфраструктуры тяготеют к нему. Транспортный каркас радиально-кольцевой, крупные объекты тяготеют к узлам. Система велодорожек, пронизывает город и обеспечивает доступность. Распределение объектов демонстрирует сбалансированный подход с приоритетом спортивных объектов (43%) относительно центров детского развития – 35% и развлекательных объектов – 22%.

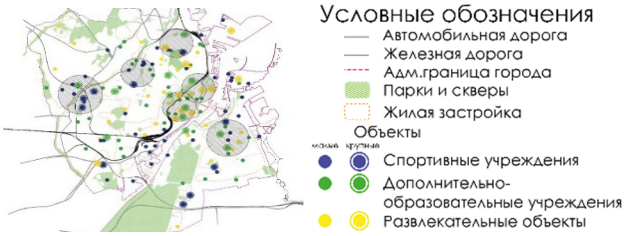


Рис.6 – Схема размещения детской инфраструктуры Копенгагена на городском уровне.

На районном уровне рассмотрен район Гаммель Сюдхавн (Gammel Sydhavn). Площадь 109 га, плотность 321 чел/га, 35 000 жителей, из которых 7 665 – дети. Район ограничен железнодорожными путями и транспортными артериями города. Сверхкрупные объекты ориентированы на улично-дорожный каркас города. Квартал насыщен разными функциями, кроме крупных спортивных объектов. Объекты связаны между собой велопешеходной связью. Инфраструктура временного пребывания (секции дополнительного образования, спортивные и культурно-досуговые объекты) размещена в 5-минутной пешеходной доступности относительно базовых учреждений образования (школ и детских садов).

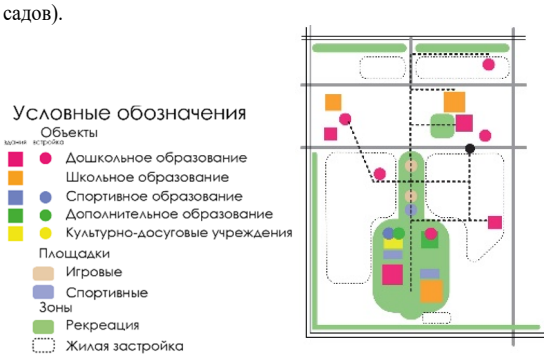


Рис.8 – Модель размещения детской инфраструктуры Копенгагена на районном уровне.

Рис.7 – Схема размещения детской инфраструктуры Копенгагена на районном уровне.

На квартальном уровне. Планировочное решение территории предусматривает размещение рекреационной зоны в центре застройки. Периметральное расположение зданий вокруг нее позволяет создать защищенную внутреннюю среду квартала. Объекты инфраструктуры сконцентрированы в зеленой зоне ядра квартала, формируя многофункциональную среду для детей. Основные связи проходят в рекреации, а объекты расположены в 5-минутной доступности друг от друга, что демонстрирует принцип «близкого соседства». Плоскостные игровые и спортивные площадки органично вписаны в зелёные зоны, создавая публичные активные пространства. Рядом с объектами предусмотрены приватные площадки, а дворы жилых домов насыщены игровыми пространствами.

Рис.9 – Схема размещения детской инфраструктуры Копенгагена на квартальном уровне.

Рис.10 – Модель размещения детской инфраструктуры Копенгагена на квартальном уровне.

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ: Лондон – мегаполис с многофункциональной инфраструктурой для детей

Система образования детей в Великобритании делится на 4 ключевых этапа. Первый этап – дошкольное образование для детей (0-5 лет), представлены государственными и частными детскими садами и яслями, детские центры домашние детские группы и няньки. Второй этап - начальное образование для детей (5-11 лет) обязательная, представлены государственными и частными школами, а также международными колледжами. Третий этап – средняя школа для детей (12-16 лет) обязательная, дети переходят на новую ступень обучения в тех же образовательных учреждениях. Четвертый этап – дальнейшее образование для детей (15-16 лет) после выпуска из школы, образование включает в себя стажировки и непрерывное обучение, известное как «шестая форма» для поступления в высшее учебное заведение. [19] Население составляет 9 340 000 человек, из них 1 868 200 дети (20%). Возрастное деление детей: ранний возраст (0-2 лет), дошкольный возраст (3-5 лет), младшие школьники (5-11 лет), подростки или средние школьники (12-15 лет), старшие школьники (16-18 лет). Согласно стандартам доступности детских игровых пространств: районы должны обеспечивать достаточные условия для игр и неформального досуга, чтобы удовлетворить потребности детей и молодежи, с ориентиром в 10 минутах ходьбы от игрового пространства [20]

На городском уровне. Для Лондона характерны дефицит и фрагментированность зеленого каркаса (15% территории) на фоне гипертрофированного развития транспортной сети, к которой тяготеет детская инфраструктура. Расширяющаяся велопешеходная (более 1000 км) повышает связность элементов. В распределении объектов превалируют спортивный сектор (44%) и сектор дополнительного образования (41%) при 15% развлекательного. Масштаб и централизованный характер пространственной структуры подтверждаются концентрацией в ядре города основной доли из 6 тысяч учреждений детского образования и досуга, включая 1500 мультифункциональных школ и 1400 детских садов, рассчитанных на 1 800 000 и 448 000 мест соответственно [18].

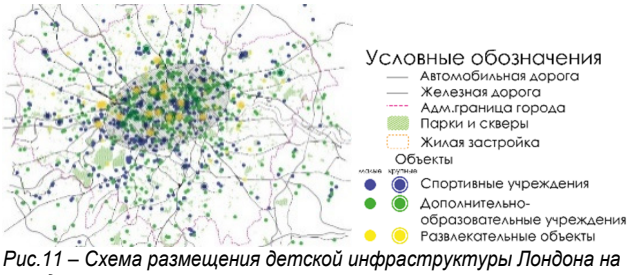


Рис.11 – Схема размещения детской инфраструктуры Лондона на городском уровне.

На районном уровне рассмотрена центральная часть района Поплар (Poplar). Рассмотрена территория, ограниченная железнодорожным каркасом, природным ландшафтом (река Лаймхаус Кат) и крупными транспортными артериями города. Район, площадью 144 га, плотность 513 чел/га, 74 000 жителей, из которых 14 800 – дети. Территория поделена железнодорожными путями на две невзаимосвязанные части. В каждом районе есть крупные многофункциональные объекты школьного образования. Доступность между объектами кварталов обеспечивается вдоль улично-дорожной сети и удовлетворяет концепции 15-минутной пешеходной доступности. Инфраструктура расположена группами, а озелененные территории полицентрично тяготеют к ним.

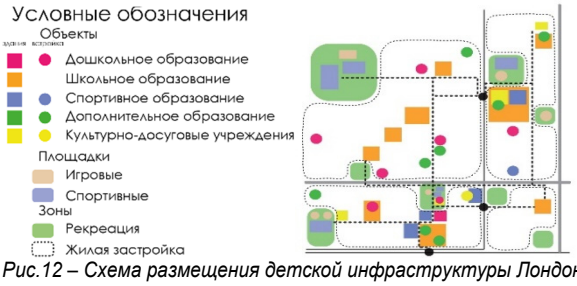


Рис.12 – Схема размещения детской инфраструктуры Лондона на районном уровне.

Рис.13 – Модель размещения детской инфраструктуры Лондона на районном уровне.

На квартальном уровне. Планировочная структура квартала основана на полинейном чередовании жилой застройки и озеленения, где основу каркаса формируют кластеры инфраструктурных объектов. Для повышения безопасности они ориентированы на внутренний квартальный проезд. Многофункциональный характер учреждений (например, формат «детский сад — школа — центр развития») позволяет оптимизировать территориальные ресурсы, повысить плотность насыщения территории и обеспечить нормативную 5-минутную пешеходную доступность. Объекты инфраструктуры тяготеют к пятнам рекреационного каркаса. В зеленых зонах квартала размещены публичные игровые и спортивные площадки, служащие центрами притяжения. У каждого объекта инфраструктуры предусмотрены приватные площадки.

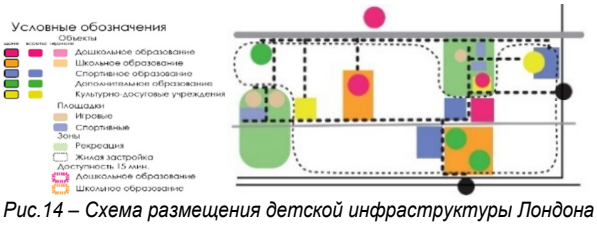


Рис.14 – Схема размещения детской инфраструктуры Лондона на квартальном уровне.

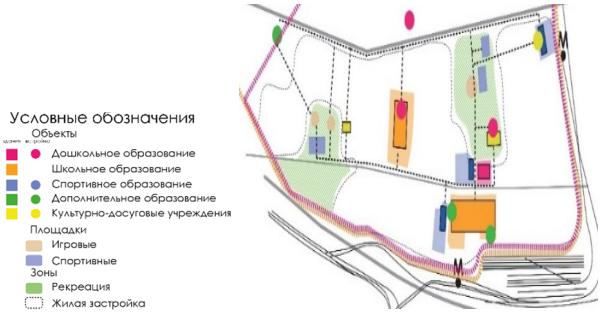


Рис.15 – Модель размещения детской инфраструктуры Лондона на квартальном уровне.

Сравнительный анализ

Таблица 1
Сравнительный анализ критериев размещения детской инфраструктуры в рассмотренных городах.

Критерии	Хельсинки	Копенгаген	Лондон
Обеспеченность местами	Школы - 45000 мест при 70356 чел. Детские сады - 120000 мест при 80702 чел. Обеспеченность не полностью удовлетворяет потребности.	Школы - 105000 мест при 127161 чел. Детские сады - 75000 мест при 127161 чел. Обеспеченность не удовлетворяет потребности.	Школы - 1800000 мест при 887300 чел. Детские сады - 448000 чел. при 980700 мест. Обеспеченность не полностью удовлетворяет потребности.
Велопешеходная доступность	Велопешеходные связи через рекреацию; Доступность - 15 мин.	Велопешеходные связи через зеленоядро; Доступность - 5 мин.	Велопешеходные связи вдоль улично-дорожной сети и скверов; Доступность - 10 мин.
Характер размещения	Крупные объекты-доминанты; Объекты в квартале, тяготеют к зеленому ядру.	Объекты внутри рекреации и являются ядром квартала района.	Объекты расположены группами, являются основой квартала, тяготеют к рекреации.
Связанность объектов между собой	Связи объектов через зеленое ядро и публичные игровые и спортивные площадки.	Связи объектов через зеленое ядро; Принцип «близкого соседства».	Связь вдоль транспортного каркаса и локальных зеленых зон.
Безбарьерность	Проницаемость средняя.	Барьеры отсутствуют, проницаемость высока	Барьеры отсутствуют, проницаемость высока
Закрытость/открытость кварталов	Закрытый периметр жилой застройки, вдоль линейного зеленого каркаса.	Жилая застройка опоясывает рекреационное ядро.	Полинейное размещение жилой застройки и групп объектов инфраструктуры
Масштабность объектов	Масштабность объектов удовлетворяет условие-человекомасштабной среды.	Гипермасштабные школьные объекты	Гипермасштабные школьные объекты, остальные – малые
Бестранспортность	Связь объектов пересекают местные проезды. Магистральные артерии не пересекают.	Пешеходная связь не пересекает проезды и магистральные артерии.	Связь объектов вдоль местных проездов; Магистральные артерии не пересекают.
Наполнение территории функциями	Ограниченная; Отсутствуют функции: развлекательные, доп.образование, культурные.	Наполненная; Имеются многофункциональные объекты;	Наполненная; Имеются многофункциональные объекты;
Наличие зеленых зон	Зеленая зона – линейное ядро квартала.	Зеленая зона – ядро квартала.	Фрагментарные рекреационные зоны
Игровые площадки (устойчивые сочетания объект-площадка)	Детский сад + игровая площадка; Спортивный объект + спорт.площадка; Школа + спорт.площадка (приватная); Зеленое ядро + площадки;	Детский сад + игровая площадка; Молодежная орг.+ спорт.площадка; Школа + спорт.площадка (публичная).	Зеленые зоны + площадки; Спортивные объекты + спорт. площадки; Школа + спорт.площадки (приватная).

Заключение

Сформированы подходы размещения детской инфраструктуры в городской среде для интеграции в планирование российских городов:

- Организация «зеленого ядра»: размещение детских объектов с приоритетом использования зеленых зон как функциональных центров квартала;
- Создание приватных пространств: формирование закрытых зеленых зон внутри кварталов для обеспечения безопасной детской среды;
- Полифункциональный подход: группировка объектов в единые группы и мультифункциональные комплексы, позволяющие оптимизировать территориальные ресурсы и сократить доступность;
- Бестранспортная доступность: проектирование пешеходных маршрутов без пересечения с магистралями в пределах 5–15 минут доступности;
- Человекомасштабность: создание пространств, соразмерных восприятию ребенка, с высокой проницаемостью и без физических барьеров;
- Связанность объектов между собой: интеграция безопасных велопешеходных дорожек внутри рекреационных пространств для обеспечения доступности;
- Размещение площадок: обязательное размещение приватных игровых зон при учреждениях и публичных спортивно-игровых пространств на межквартальных территориях;
- Развитие независимой мобильности детей. Создание безопасной среды с велопешеходными связями, интегрированной рекреацией и отсутствие пересечения магистральных линий позволяет детям самостоятельно перемещаться между объектами;

Интеграция подходов в отечественное планирование, адаптированных к локальному контексту, может стать основой для совершенствования градостроительной деятельности и повышения качества городской среды.

Литература

1. Аткина, Л. И., Ефимова, Н. А., Фролова, Т. И. Благоустройство территории как фактор развития экологического центра для школьников // Вестник КрасГАУ. — 2013. — № 10. — С. 268–272
2. Бунькина, И. А. Системный метод благоустройства детских дворовых площадок и рекреационных территорий интеллектуальной направленности и повышенной комфортности: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. — Омск, 2006. — 201 с
3. Симонова, Е. А. Дружественная к детям городская среда: анализ и проектирование: магистерская диссертация. — Санкт-Петербург: НИУ ВШЭ, 2019
4. Зельдович Я. И. Оценка доступности дополнительного образования детей в России // Современные научные исследования и инновации. — 2021. — № 10. — URL: https://web.snauka.ru/issues/2021/10/96923 (дата обращения: 21.11.2025).
5. Крашенников А. В. Градостроительное развитие жилой застройки: исследование опыта западных стран: учебное пособие / А. В. Крашенников. — Москва: Архитектура С, 2005. — 112 с.: ил.
6. Макарова И. А., Артюшенкова Е. В., Крикунова В. А., Пельменева С. П. Детская досуговая инфраструктура в условиях городской среды: социологический анализ. — 2019.
7. Научно образовательный портал «Большая российская энциклопедия». Социальная инфраструктура для детей. [электронный ресурс]. — URL: https://bigenc.ru/c/sotsial-naia-infrastruktura-dlia-detei-fc1e10 (дата обращения: 02.10.2025).
8. Руководство по инициативе «Города, доброжелательные к детям и подросткам» / Детский фонд ООН (ЮНИСЕФ). — Нью-Йорк : ЮНИСЕФ, 2018. — 40 с.
9. Процюк, М. В. Формирование модели целостной детской игровой среды на открытых городских пространствах: дис. ... канд. архитектуры: 05.23.21. — Нижний Новгород, 2023. — 198 с.
10. Ракитина Н. Э. Доброжелательность городской среды к детям: социологический анализ (на примере городов Дальнего Востока): автореф. дис. … канд. социол. наук / Н. Э. Ракитина. — Хабаровск, 2017. — 24 с.
11. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 124-ФЗ «Об основных гарантиях прав ребёнка в Российской Федерации», ст. 1, абз. 7.
12. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273 ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Consultant Plus — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19558/8ecbe3314ad9e500bfb90273b6c736f7e0e78429/ (дата обращения: 02.10.2025).
13. Ходырева Е. А. Игровая среда как фактор развития творческой активности младших школьников. – 1998
14. Шпаковская, Л. Л. Городская инфраструктура заботы о детях: реальные и идеальные пространства // Laboratorium: Журнал социально-политических исследований. — 2017. — Т. 9, № 3. — С. 132–159.
15. Яргина З. Н., Хачатрянц К. К. Социальные основы архитектурного проектирования. — 1990.
16. City of Helsinki. Helsinki Statistical Yearbook / City of Helsinki Urban Research and Statistics. — Helsinki, [ежегодник]. — URL: https://www.hel.fi/helsinki/en (дата обращения: 02.10.2025).
17. Fulbright Finland Foundation. Grant programs to Finland: Studies and research in Finland. Education system in Finland. — URL: https://www.fulbright.fi/grant-programs-to-finland/studies-and-research-finland/education-system-finland (дата обращения: 02.10.2025).
18. Greater London Authority. London Datastore Library / GLA. — London, [электронный ресурс]. — URL: https://dfl.london.gov.uk/library (дата обращения: 02.10.2025).
19. Kiwi Education. Система образования Великобритании. [электронный ресурс]. — URL: https://kiwieducation.ru/uk/study/sistema-obrazovaniya-velikobritanii/ (дата обращения: 02.10.2025).
20. London Plan Annexes on Open Space and Play (стандарты доступности детских игровых пространств). — URL: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/the_london_plan_2021.pdf (дата обращения: 02.10.2025).
21. Shaw B., Bicket M., Elliott B., Fagan Watson B., Mocanu A., Hillman M. Children's independent mobility: global patterns and determinants // Transport Reviews. — 2020. — Vol. 40, No. 1. — P. 59–80.
22. Statistics Denmark. Official statistics portal / Statistics Denmark. — Copenhagen, 2025. [электронный ресурс].— URL: https://www.dst.dk/en/ (дата обращения: 02.10.2025).
23. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: A review of evidence / WHO Regional Office for Europe. — Copenhagen, 2017. — 92 p. — URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf (дата обращения: 02.10.2025).

Children's Infrastructure within the Residential Environment: A Comparative Analysis of Major Global Cities (Helsinki, Copenhagen, and London)

Vilensky M.Yu., Kalinina P.V.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article addresses the pressing issue of the lack of a systematic approach to the spatial distribution of children's infrastructure, which leads to the fragmentation of the children's environment and a decline in the quality of life for the youth population. The study aims to identify effective urban planning approaches to locating children's environment facilities within the structure of residential areas. A comprehensive comparative analysis of urban planning practices in Helsinki, Copenhagen, and London was conducted across three distinct spatial levels: city-wide, district, and block scales. Particular emphasis is placed on the "child- and youth-friendly city" concept and the creation of safe, traffic-free routes. The study evaluates key territorial criteria, including facility provision, pedestrian and bicycle accessibility, connectivity between facilities, barrier-free design, the openness/closure of blocks, human scale, traffic-free environments, the presence of integrated green zones, and functional diversity ("vibrancy"). As a result of the research, effective approaches to the distribution of children's infrastructure and the formation of the children's environment within the urban fabric are defined for integration into domestic urban planning practices.

Keywords: children's infrastructure, children's environment, urban environment, accessibility, connectivity, green infrastructure, safety, child development.

References

1. Atkina, L. I., Efimova, N. A., & Frolova, T. I. Landscape improvement as a factor in the development of an ecological center for schoolchildren. Vestnik KrasGAU, 2013, no. 10, pp. 268–272.
2. Bunkina, I. A. A systematic approach to the improvement of children's courtyard playgrounds and recreational areas of intellectual orientation and enhanced comfort. Candidate of Technical Sciences dissertation, Omsk, 2006, 201 p.
3. Simonova, E. A. Child-friendly urban environment: analysis and design. Master's thesis. St. Petersburg: National Research University Higher School of Economics, 2019.
4. Zeldovich, Ya. I. Assessment of the accessibility of children's supplementary education in Russia. Modern Scientific Research and Innovations, 2021, no. 10. URL: https://web.snauka.ru/issues/2021/10/96923 (accessed 21.11.2025).
5. Krasheninnikov, A. V. Urban development of residential areas: a study of Western experience. Textbook. Moscow: Architecture-S, 2005. 112 p.
6. Makarova, I. A., Artyushenkova, E. V., Krikunova, V. A., & Pelmeneva, S. P. Children's leisure infrastructure in the urban environment: a sociological analysis, 2019.
7. Big Russian Encyclopedia. Social infrastructure for children. URL: https://bigenc.ru/c/sotsial-naia-infrastruktura-dlia-detei-fc1e10 (accessed 02.10.2025).
8. UNICEF. (2018). Child Friendly Cities and Communities Initiative Handbook. New York: UNICEF, 40 p
9. Protsyuk, M. V. Formation of an integral children's play environment in open urban spaces. Candidate of Architecture dissertation, Nizhny Novgorod, 2023, 198 p.
10. Rakitina, N. E. Child-friendliness of the urban environment: sociological analysis (case study of cities in the Russian Far East). Abstract of Candidate of Sociological Sciences dissertation. Khabarovsk, 2017, 24 p.
11. Federal Law No. 124-FZ of 24 July 1998, On Basic Guarantees of the Rights of the Child in the Russian Federation, Article 1, paragraph 7.
12. Federal Law No. 273-FZ of 29 December 2012, On Education in the Russian Federation. Consultant Plus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19558/8ecbe3314ad9e500bfb90273b6c736f7e0e78429/ (accessed 02.10.2025).
13. Khodyreva, E. A. Play environment as a factor in the development of creative activity in primary school students, 1998.
14. Shpakovskaya, L. L. Urban infrastructure of care for children: real and ideal spaces. Laboratorium: Russian Review of Social Research, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 132–159.
15. Yargina, Z. N., & Khachatryants, K. K. Social foundations of architectural design, 1990.
16. City of Helsinki. Helsinki Statistical Yearbook / City of Helsinki Urban Research and Statistics. Helsinki, annual publication. URL: https://www.hel.fi/helsinki/en (accessed 02.10.2025).
17. Fulbright Finland Foundation. Grant Programs to Finland: Studies and Research in Finland. Education System in Finland. URL: https://www.fulbright.fi/grant-programs-to-finland/studies-and-research-finland/education-system-finland (accessed 02.10.2025).
18. Greater London Authority. London Datastore Library / GLA. London, electronic resource. URL: https://dfl.london.gov.uk/library (accessed 02.10.2025).
19. Kiwi Education. The education system in the United Kingdom. URL: https://kiwieducation.ru/uk/study/sistema-obrazovaniya-velikobritanii/ (accessed 02.10.2025).
20. London Plan Annexes on Open Space and Play. Standards for accessibility of children's play spaces. URL: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/the_london_plan_2021.pdf (accessed 02.10.2025).
21. Shaw, B., Bicket, M., Elliott, B., Fagan Watson, B., Mocanu, A., & Hillman, M. Children's independent mobility: global patterns and determinants. Transport Reviews, 2020, vol. 40, no. 1, pp. 59–80.
22. Statistics Denmark. Official statistics portal / Statistics Denmark. Copenhagen, 2025. URL: https://www.dst.dk/en/ (accessed 02.10.2025).
23. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: A review of evidence. Copenhagen, 2017. 92 p. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf (accessed 02.10.2025).

Канонические и литургические основы организации сакрального пространства

Лаврентьев Александр Алексеевич
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240418@rudn.ru,

Лаврентьев Илья Алексеевич
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240417@rudn.ru,

Насыров Николай Рустамович
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240416@rudn.ru,

Карпусь Ольга Сергеевна
старший преподаватель, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, karpus_os@pfur.ru

В представленной работе исследуются принципы устройства православного храма, обусловленные взаимодействием литургической практики, церковных канонов и богословской мысли. Показано, что архитектурный облик церкви не является произвольным, а диктуется необходимостью реализации таинства Евхаристии, которое определяет иерархию зон внутри постройки. Ключевым выводом является тезис о том, что престол выступает смысловым и сакральным центром сооружения. Детально разбирается трехчастная планировка (алтарь, неф, притвор), ее символическое наполнение, а также функции иконостаса как семантической границы. На материале святоотеческих трудов (свт. Герман Константинопольский), канонических сборников (правила Лаодикийского собора, Большой Требник) и исследований современных авторов (Л. А. Успенский, А. Шмеман, Бик О.В.) обосновывается концепция храма как «богословия в камне», выполняющего дидактическую миссию. В заключительной части статьи поднимаются вопросы адаптации тысячелетних традиций к реалиям XXI века, включая строительство домовых храмов и обеспечение доступности среды, при неизменности догматического ядра.
Ключевые слова: сакральное пространство, храм, литургика, церковные каноны, алтарь, иконостас, Евхаристия, богословие архитектуры, адаптация, восточно-христианская традиция.

Введение

Вопрос организации пространства для богослужения всегда занимал центральное место в христианской культуре. Церковное здание мыслится не просто как место общественных собраний или образец архитектурного мастерства, но прежде всего как онтологическая граница, где временное соприкасается с вечным. Такое понимание накладывает строгие ограничения на действия зодчего: планировка, ориентация по сторонам света и внутреннее убранство подчиняются не эстетическим прихотям, а двум основополагающим факторам – литургическому чину и церковному праву. Как отмечается в Священном Писании, община верующих есть «храм Бога живого» [1], а материальное здание призвано зримо воплощать эту духовную реальность.

Фундаментом, на котором строится вся композиция, выступает христоцентричность. Если в ветхозаветной скинии средоточием святости был Ковчег Завета, то в новозаветной церкви эту функцию берет на себя Престол. Именно здесь совершается главное таинство – преложение хлеба и вина в Тело и Кровь Христовы. Вокруг этой точки выстраивается иерархия пространственных зон, где степень сакральности убывает по мере удаления от алтаря. Однако сами по себе строительные материалы не делают постройку священной. Согласно каноническому праву, обычное здание становится храмом лишь после совершения особого чина освящения. Как зафиксировано в Большом Требнике, ключевыми действиями здесь являются закладка мощей в антиминс и помазание престола святым миром [2]. Это подчеркивает, что источником святости является исключительно благодать Святого Духа, а не эстетика или фактура камня.

Канонические нормы исторически регламентировали четкое разграничение профанного и священного. Церковное право запрещало вносить в дом Божий элементы бытовой или коммерческой деятельности. Например, Правила Лаодикийского собора прямо запрещают устраивать в церквях трапезы или иные мирские собрания, подчеркивая исключительность функций храма [3]. Эта идея находила воплощение и в планировке: храмовые территории огораживались стенами, а внутри здания реализовывалась трехчленная структура (алтарь, основное помещение для молящихся, притвор), каждый элемент которой несет функциональную нагрузку и глубокий символический смысл.

Рис.1 План традиционного православного храма: трёхчастное деление пространства (алтарь, неф, притвор)

Архитектура алтаря призвана напоминать о Небесном Царстве. Эта часть храма, как правило, приподнята над уровнем пола и ориентирована строго на восток, что знаменует ожидание Второго Пришествия Христа, именуемого «Востоком свыше». Внутри алтаря главенствующее положение занимают Престол и Жертвенник. Каноны строго ограничивают доступ сюда для мирян, допуская лишь священнослужителей и ограниченный круг прислужников мужского пола (или инокинь в женских обителях). Такая закрытость служит охране великого таинства. Святитель Герман Константинопольский в своем известном труде поясняет, что алтарное пространство являет собой «небесный горний мир», где незримо предстоит Сам Творец [4].

Центральный объем храма – наос – символизирует земную Церковь, находящуюся в пути. Здесь собираются верные для соборной молитвы и слушания поучений. Архитектура этого пространства должна обеспечивать возможность крестных ходов и удобство предстояния. Граница между наосом и алтарем оформляется иконостасом. Пройдя путь эволюции от невысокой византийской преграды до высокой русской стены, иконостас никогда не утрачивал своей основной функции, он не столько разъединяет, сколько соединяет два мира, являясь их зримой гранью. В

наиболее ответственные моменты богослужения Царские врата открываются, являя молящимся образ отверстого Рая. Как подчеркивает Л. А. Успенский, строй иконостаса визуализирует догмат о воплощении, представляя Христа в окружении Богородицы, святых и ангельских сил, которые образуют «облако свидетелей» [5].

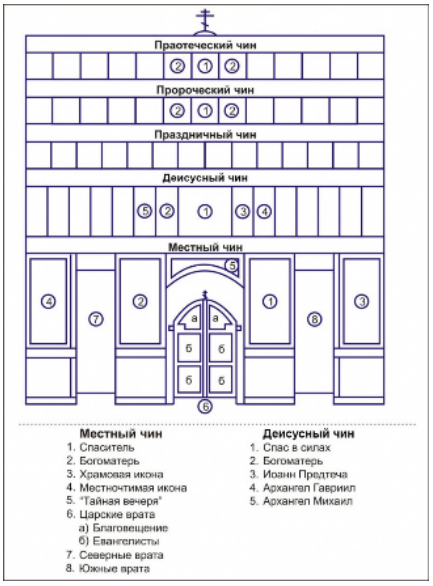


Рис.2 Схема храмового иконостаса
https://ortox.ru/wiki/ikonostas/?bitrix_include_areas=Y

Замыкает ансамбль нартекс или притвор. В древности здесь находили место оглашенные, готовящиеся к крещению, и кающиеся, отлученные от причастия. Сегодня эта функция во многом утрачена, и притвор часто выполняет роль вестибюля. Однако его литургический смысл сохраняется: это буферная зона, переход от мирской суеты к пространству молитвы. Вступая в храм через притвор, человек оставляет за порогом повседневные заботы и настраивается на общение с Богом (Табл. 1).

Таблица 1
Зонирование сакрального пространства православного храма: литургические функции, канонические основания и символическое значение

Зона храма	Литургическая функция	Каноническое обоснование	Символическое значение
Алтарь	Совершение Евхаристии (главного таинства).	Доступ только для клира; обязательное освящение престола архиереем [2, 4].	Небесное Царство, Святое Святых (место особого присутствия Бога).
Неф (средняя часть)	Молитва верных, участие в литургии, крестные ходы внутри храма, слушание проповеди.	Место собрания «верных» (крещеных и причащающихся) [3].	Земная Церковь, корабль спасения, путь к Небесному Иерусалиму.
Притвор (входная зона)	Вход в храм; исторически – место оглашенных (готовящихся ко крещению) и кающихся на определенных этапах богослужения.	Древние правила о разделении участников богослужения на степени (верные, оглашенные, кающиеся) [3].	Переход от грешного мира к Церкви (духовное очищение), символ покаяния.

Важную роль играет и вертикальное измерение. Купол со сводами символизирует небесный покров, а изображение Пантократора напоминает о главенстве Христа над Церковью. Световая среда – будь то естественное освещение из окон барабана или мерцание паникадил – выстраивает акценты, направляя мысль молящегося к горнему. Таким образом, архитектурные формы становятся носителями богословского послания, «текстом», который воспринимается через пространство и свет [6].

Современная практика церковного строительства сталкивается с новыми вызовами. Необходимость возводить храмы при больницах и университетах, требования создания безбарьерной среды для инвалидов, использование технических средств для трансляции служб – все это требует гибкости. Диссертационное исследование О. В. Бика, посвящённое интерьерам православных храмов рубежа XX–XXI веков, подтверждает, что при сохранении традиционной иерархии пространства возможны вариации в объёмно-планировочных решениях и использовании материалов [7]. Однако, как показывает анализ, каноническая традиция сохраняет свое ядро: обязательными остаются наличие освященного престола, иерархическое зонирование и иконографическая программа. Адаптация форм не должна приводить к утрате святости места.

Заключение

Подводя итог, следует подчеркнуть, что нормативные и литургические принципы организации церковного пространства нацелены не только на обеспечение богослужебного чина, но и на религиозное воспитание паствы. Архитектура храма действует без слов: путь от входа к алтарю символизирует духовное восхождение от греха к святости, взгляд, устремленный в купол, напоминает о молитве, а благоговейное отношение к алтарной преграде воспитывает чувство тайны Божественного присутствия. По мысли протопресвитера Александра Шмемана, Литургия – это восхождение Церкви в Царство будущего века, и архитектурное решение должно способствовать такому восхождению, а не затруднять его [6]. Следование этим основам в современном зодчестве является залогом сохранения преемственности традиции, гарантируя, что храм останется местом личной встречи человека с Богом, а не превратится в объект культурного наследия без живой веры [8].

Литература

1. Библия. Книги Священного Писания Ветхого и Нового Завета – Москва: Российское Библейское Общество, 2011. – 1376 с.
2. Правила Поместных Соборов – Москва: Издательство Московской Патриархии, 1998. – 352 с.
3. Большой Требник – Москва: Издательский Совет Русской Православной Церкви, 2002. – 512 с.
4. Герман, Константинопольский, свт. Сказание о Церкви и описание священных обрядов / свт. Герман Константинопольский // Богословские труды. – Москва, 1979. – Сборник 19. – С. 75–120.
5. Успенский, Л. А. Богословие иконы Православной Церкви/ Л. А. Успенский. – Москва: Издательство Западно-Европейского Экзархата, 1989. – 224 с.
6. Шмеман, А., прот. Евхаристия. Таинство Царства/ прот. А. Шмеман. – Москва: Паломник, 1992. – 288 с.
7. Бик, О. В. Интерьер православного храма: образы и тенденции развития (конец XX – начало XXI вв.): диссертация кандидата архитектуры: 05.23.01 / О. В. Бик. – Москва, 2019. – 184 с.
8. Мейендорф, И., прот. Введение в святоотеческое богословие/ прот. И. Мейендорф. – Клин: Христианская жизнь, 2001. – 446 с.
9. Leijonhufvud, G. (2018). Standardizing the indoor climate in historic buildings. Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology. https://www.researchgate.net/publication/323669064_Standardizing_the_indoor_climate_in_historic_buildings_opportunities_challenges_and_ways_forward
10. De Vecchi, A. et al. (2020). Analysis of the traditional passive systems in historical buildings. IRIS Università degli Studi di Padova.

Canonical and Liturgical Foundations of the Organization of Sacred Space
Lavrentiev A.A., Lavrentiev I.A., Nasyrov N.R., Karpus O.S.
Patrice Lumumba Engineering Academy of RUDN University

JEL classification: L61, L74, R53

This paper examines the principles of Orthodox church design determined by the interaction of liturgical practice, ecclesiastical canons, and theological thought. It is shown that the architectural appearance of the church is not arbitrary but is dictated by the necessity of celebrating the sacrament of the Eucharist, which defines the hierarchy of zones within the building. The key conclusion is the thesis that the altar table (Holy Table) serves as the conceptual and sacral center of the structure. The three-part plan (sanctuary, nave, narthex), its symbolic content, as well as the functions of the iconostasis as a semantic boundary, are analyzed in detail. Drawing on patristic works (St. Herman of Constantinople), canonical collections (canons of the Council of Laodicea, the Great Euchologion / Great Book of Needs), and studies by contemporary authors (L. A. Uspensky, A. Schmemann, O. V. Bik), the concept of the church as "theology in stone" fulfilling a didactic mission is substantiated. The final part of the article raises questions of adapting thousand-year-old traditions to the realities of the 21st century, including the construction of house churches and ensuring environmental accessibility, while preserving the unchanging dogmatic core.

Keywords: sacred space, church, liturgics, church canons, sanctuary, iconostasis, Eucharist, theology of architecture, adaptation, Eastern Christian tradition.

References

1. *Biblija. Knigi Svjaščennogo Pisanija Vethogo i Novogo Zaveta* [The Bible. Books of the Holy Scriptures of the Old and New Testaments]. – Moscow: Rossijskoe Biblejskoe Obščestvo, 2011. – 1376 p.
2. *Pravila Pomestnyh Soborov* [Rules of the Local Councils]. – Moscow: Izdatel'stvo Moskovskoj Patriarhii, 1998. – 352 p.
3. *Bol'šoj Trebnik* [Great Euchologion / Great Book of Needs]. – Moscow: Izdatel'skij Sovet Russkoj Pravoslavnoj Cerkvi, 2002. – 512 p.

4. German, Konstantinopol'skij, svt. (St. Herman of Constantinople). Skazanie o Cerkvi i opisanie svjaščennyh obrjadov [Narrative on the Church and Description of Sacred Rites]. *Bogoslovskie trudy* [Theological Works], Moscow, 1979, issue 19, pp. 75–120.
5. Uspenskij, L. A. *Bogoslovie ikony Pravoslavnoj Cerkvi* [Theology of the Icon in the Orthodox Church]. – Moscow: Izdatel'stvo Zapadno-Evropejskogo Jekzarhata, 1989. – 224 p.
6. Šmeman, A., prot. (Fr. Alexander Schmemann). *Evharistija. Tainstvo Carstva* [The Eucharist: Sacrament of the Kingdom]. – Moscow: Palomnik, 1992. – 288 p.
7. Bik, O. V. *Inter'er pravoslavnogo hrama: obrazy i tendencii razvitija (konec XX – načalo XXI vv.)* [Interior of the Orthodox Church: Images and Development Trends (late 20th – early 21st centuries)]. PhD dissertation in Architecture: 05.23.01. – Moscow, 2019. – 184 p.
8. Mejendorf, I., prot. (Fr. John Meyendorff). *Vvedenie v svjatootečeskoe bogoslovie* [Introduction to Patristic Theology]. – Klin: Hristianskaja žizn', 2001. – 446 p.
9. Leijonhufvud, G. (2018). *Standardizing the indoor climate in historic buildings*. Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology. https://www.researchgate.net/publication/323669064_Standardizing_the_indoor_climate_in_historic_buildings_opportunities_challenges_and_ways_forward
10. De Vecchi, A. et al. (2020). *Analysis of the traditional passive systems in historical buildings*. IRIS Università degli Studi di Padova.

Архитектурные барьеры устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане

Кисси Юджин Нейзер
аспирант, Российский университет дружбы народов, kissineizer@gmail.com

Быстрая урбанизация в Гане усиливает нагрузку на жилищный сектор и повышает спрос на эффективные типологии жилой застройки. Среднеэтажное жильё рассматривается как перспективная форма городской жилой среды благодаря рациональному использованию территории и потенциалу экологической эффективности. Однако его развитие по-прежнему ограничивается архитектурными, градостроительными, экономическими и социокультурными факторами. Цель исследования заключается в выявлении основных барьеров, препятствующих развитию устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане. В работе использован комплексный подход, включающий анализ научной литературы, анкетирование, экспертные интервью, сравнительную оценку затрат и анализ реализованных объектов. Результаты показали, что ключевыми ограничениями являются недостаточная интеграция местной архитектурной идентичности, ограниченное применение устойчивых строительных материалов, низкая гибкость градостроительных нормативов, недостаточная общественная приемлемость среднеэтажного жилья и высокие первоначальные затраты на строительство.

Ключевые слова: Естойчивая архитектура, среднеэтажное жильё, Гана, архитектурное развитие, концептуальные барьеры, устойчивое строительство.

Введение

В настоящее время Гана сталкивается с устойчивым ростом городского населения, что усиливает нагрузку на земельные ресурсы, инженерную инфраструктуру и жилищный сектор. При численности населения свыше 32 млн человек и ежегодном приросте около 2,23% потребность в доступном и качественном жилье продолжает возрастать [1]. По существующим оценкам, дефицит жилья превышает 1,8 млн единиц, тогда как темпы строительства остаются недостаточными для удовлетворения растущего спроса [2-3]. Особенно остро проблема проявляется в крупных городах, где рост стоимости земли, неформальное расширение городской среды и увеличение плотности населения существенно трансформируют структуру застройки [4].

В этих условиях среднеэтажное жильё всё чаще рассматривается как рациональная форма городской застройки. В международной практике к нему обычно относят здания высотой от четырёх до десяти этажей, тогда как российские нормативы чаще определяют данный тип в пределах 5-8 этажей [5-6]. Среднеэтажная застройка обеспечивает более эффективное использование территории и повышенную плотность проживания при меньшей технической сложности по сравнению с высотными комплексами, а также лучше интегрируется в существующую городскую среду [7].

Переход к устойчивому жилищному строительству требует комплексного архитектурного подхода, сочетающего экологическую эффективность, экономическую целесообразность, комфорт жилой среды и долговременную адаптивность зданий. Для стран с жарким климатом важное значение имеют ориентация зданий, естественная вентиляция, солнцезащита, рациональное использование материалов и гибкие планировочные решения [8-9].

Материалы и методы

В исследовании использован смешанный метод, сочетающий количественные и качественные подходы для изучения архитектурных и градостроительных барьеров, влияющих на развитие устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане. Методология позволила оценить экономические, нормативные, пространственные и социокультурные факторы, влияющие на формирование жилой среды. Исследование включало четыре этапа: i) анализ научной и нормативной литературы; ii) анкетирование заинтересованных групп; iii) экспертные интервью; iv) сравнительный анализ объектов и стоимостных показателей. Такой подход обеспечил сопоставление выводов научных исследований с практикой жилищного строительства в Гане.

Обзор литературы. Проведён анализ научных публикаций, нормативных документов и технических отчётов, представленных в Google Scholar, ResearchGate, журналах, индексируемых в Scopus, и других академических источниках. Рассматривались вопросы устойчивой жилой архитектуры, типологии среднеэтажного жилья, дефицита жилищного фонда, экономики строительства, градостроительного регулирования и барьеров устойчивого строительства. Особое внимание уделялось исследованиям развивающихся стран и регионов с жарким климатом, сопоставимых с условиями Ганы [7–12, 18]. Цель обзора заключалась в выявлении ключевых барьеров и определении критериев их оценки в местных условиях.

Анкетирование для оценки восприятия среднеэтажного жилья и значимости выявленных барьеров был проведён структурированный опрос специалистов строительной отрасли и представителей общественности [11, 12]. В исследовании приняли участие архитекторы, инженеры, геодезисты, представители органов управления, застройщики и жители. Опросник включал сведения о респонденте, оценку барьеров и возможных мер их преодоления. Большинство вопросов основывалось на шкале Лайкерта и дополнялось открытыми комментариями.

Всего было получено 103 корректно заполненных анкеты, включая 42 специалиста и 61 представителя общественности. Демографические данные были доступны для 66 участников: 40 мужчин и 26 женщин. Возрастная структура характеризовалась преобладанием молодых респондентов: 47% относились к группе 25–35 лет, а 45,5% — к категории 18–24 лет. Четыре участника были в возрасте 35–55 лет и один — старше 55 лет (рис. 1). Полученные данные отражают активное участие молодых возрастных групп в обсуждении вопросов жилищного строительства и городского развития.

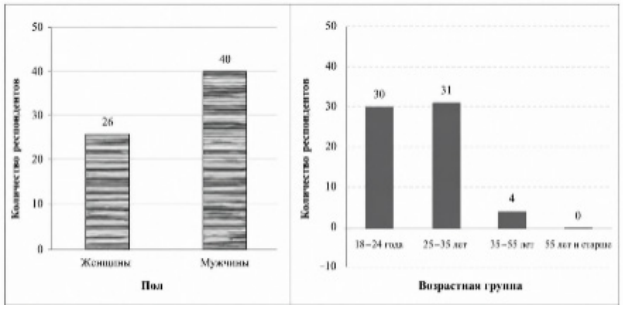


Рис 1. Распределение респондентов по полу и возрасту

Экспертные интервью: для уточнения результатов анкетирования были проведены полуструктурированные интервью с представителями организаций, работающих в сфере устойчивого проектирования, производства строительных материалов и инженерных систем:

- Hive Earth Studio (Гана–Великобритания), специализирующаяся на строительстве из земляных материалов;
- BAT-NBM Engineering Ltd (Аккра, Гана), занимающаяся солнечными энергетическими системами;
- Gbankor Brick and Tile Company Limited — производитель глиняного кирпича.

Интервью были направлены на изучение вопросов стоимости строительства, поставок материалов, технических возможностей и практической реализации устойчивых жилищных решений.

Сравнительный анализ затрат: для оценки экономических барьеров был выполнен сравнительный анализ стоимости стеновых систем из цементных блоков и глиняного кирпича на основе рыночных данных Ганы. Значимость стоимости материалов для устойчивого жилищного строительства ранее отмечалась рядом исследований [15, 16]. Для сравнения использовался типовой участок стены площадью 1 м² при высоте помещения 3 м. Количество материалов определялось в Autodesk Revit, а стоимостные показатели — по действующим рыночным ценам. Дополнительно оценивались ориентировочные затраты на бытовую солнечную энергетическую систему для анализа доступности интеграции возобновляемых источников энергии в проекты среднеэтажного жилья.

Расчёт выполнялся на основе площади открытой поверхности стеновых элементов. Размеры цементного блока принимались 450 × 150 × 225 мм, глиняного кирпича — 200 × 100 × 75 мм. С учётом растворных швов и строительных потерь расчётная потребность составила около 32 цементных блоков и 158 глиняных кирпичей на рассматриваемый участок стены (табл. 1–2). Сравниваемые стеновые системы представлены на рис. 2.

Рис. 2. Сравнительные стеновые системы, использованные для анализа затрат.
Источник: Autodesk Revit и Lumion

Таблица 1
Сравнительный анализ количества материалов и стоимости строительства стеновых систем в Гане. Источник: Gbankor Brick and Tile Compan Limited. Эквивалентная цена рассчитана с помощью конвертера валют Google

Параметр	Стена из цементных блоков	Стена из глиняных кирпичей
Стоимость единицы материала (GHS)	8.0	3.5
Расчётное количество единиц на 1 м² стеновой секции	32 блока	158 блоков
Эквивалентное соотношение кирпичей и блоков	1	5
Ориентировочная стоимость строительства стеновой секции (GHS)	256	553
Ориентировочная стоимость строительства (руб.)	1664.41	3595.40

Дополнительно были рассмотрены ориентировочные затраты на бытовую солнечную энергетическую систему для оценки финансовой доступности интеграции возобновляемых источников энергии в проекты устойчивого среднеэтажного жилья.

Таблица 2
Ориентировочная стоимость солнечной энергетической системы мощностью 5 кВт для квартиры с одной–двумя спальнями в Гане Источник: BAT- Engineering NBM Ltd. Эквивалентная стоимость рассчитана с использованием валютного конвертера Google

Компоненты	Количество	Стоимость (GHS)
Солнечные фотоэлектрические панели	10 панелей	18 000
Контроллер заряда	1	5000
Солнечные аккумуляторы	2-4 единицы	25 000
Солнечный инвертор	1	9500
Автоматические выключатели переменного и постоянного тока	1 комплект	700
Кабели переменного и постоянного тока	-	2000
Система заземления	1	1000
Распределительный щит	1	700
Монтажные конструкции	-	5000
Общая стоимость материалов		66 900
Стоимость монтажа и работ	15% от стоимости материалов	10,035
Общая расчётная стоимость		76 935 (= 500 178,83 руб.)

Сравнительный анализ выявил различия в первоначальных инвестициях между традиционными и альтернативными подходами к устойчивому строительству, что учитывалось при оценке барьеров доступности в Гане.

Метод анализа конкретных объектов: в качестве тематических объектов были рассмотрены отдельные среднеэтажные жилые комплексы в Гане для оценки влияния архитектурных и градостроительных барьеров на реализованные проекты. Анализ охватывал объемно-планировочные решения, выбор материалов, экологические проектные стратегии, зависимость от инженерной инфраструктуры и организацию жилой среды. Это позволило сопоставить барьеры, выявленные в научной литературе, с их практическим проявлением в реализованных объектах [17, 18].

Количественные данные анкетирования обрабатывались методами описательной статистики, включая процентное распределение и сравнительное ранжирование. Выявленные барьеры были сгруппированы по экономическим, нормативным, технологическим, материальным, социально-культурным и архитектурно-планировочным категориям. Качественные данные интервью и открытых комментариев анализировались с использованием тематического подхода для выявления устойчиво повторяющихся факторов, влияющих на развитие устойчивого среднеэтажного жилищного строительства.

Несмотря на ограничения, связанные с объёмом выборки и количеством рассмотренных объектов, комплексное использование обзора литературы, анкетирования, интервью и анализа объектов позволило сформировать целостное представление о факторах, определяющих развитие устойчивого среднеэтажного жилья в Гане.

Результаты и обсуждение

Среднеэтажное жильё: глобальные и локальные аспекты. Понятие среднеэтажного жилья варьируется в зависимости от национальных строительных и градостроительных норм. В современной практике к нему обычно относят жилые здания высотой от четырёх до десяти этажей [5, 6]. Такой тип застройки рассматривается как эффективный способ повышения городской плотности при сохранении комфортного масштаба жилой среды.

Во многих странах среднеэтажное жильё всё активнее интегрирует принципы устойчивой архитектуры, включая естественную вентиляцию, энергоэффективные ограждающие конструкции, системы сбора дождевой воды и солнечные технологии [8, 9]. В Гане жилищное строительство по-прежнему преимущественно опирается на традиционные методы с ограниченным внедрением устойчивых решений [14, 19]. Несмотря на наличие нормативной базы, слабый контроль исполнения и фрагментарная реализация продолжают сдерживать развитие устойчивого среднеэтажного жилья.

Результаты исследования показывают, что его развитие в Гане ограничивается не только экономическими факторами. Существенное влияние оказывают нормативные ограничения, социально-культурные предпочтения, доступность материалов, технологические сложности и недо-

статочная общественная осведомлённость. Для оценки значимости выявленных барьеров была использована адаптированная система BREEAM, результаты которой представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3
Критерии классификации степени значимости барьеров, адаптированные на основе системы BREEAM.

Степень значимости	Процентное значение (%)
Критически высокая	≥ 85
Очень высокая	70-84
Высокая	55-69
Умеренная	45-54
Низкая	30-44
Очень низкая	< 30

Источник: разработано автором на основе принципов системы оценки BREEAM.

Таблица 4
Оценка значимости барьеров, влияющих на развитие устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане

Фактор барьера	Оценка в процентах (%)
Предпочтение малоэтажных типов жилой застройки	90.9
Традиционные модели образа жизни и бытовые практики	96.9
Ограничения, связанные с доступностью жилья	66.2
Проблемы, связанные с этажностью зданий	15.6
Проблемы приватности в условиях совместного проживания	56.9

Результаты, представленные в таблице 4, показывают, что социально-культурные предпочтения и традиционные модели образа жизни остаются одними из основных барьеров развития устойчивого среднеэтажного жилья в Гане. В то же время факторы, непосредственно связанные с этажностью зданий, были оценены как менее значимые. Для сопоставления влияния различных моделей жилой застройки на устойчивое развитие и планировочные решения выполнен сравнительный анализ малоэтажного и среднеэтажного жилья, результаты которого представлены в таблице 5.

Таблица 5
Сравнительные характеристики малоэтажного и среднеэтажного жилищного строительства

Критерии	Малоэтажное жильё	Среднеэтажное жильё
Эффективность использования земельных ресурсов	Низкая	Умеренно высокая
Эффективность инженерной инфраструктуры	Умеренная	Высокая
Сложность строительной реализации	Низкая	Умеренная
Потенциал городской плотности	Низкая	Высокая
Потенциал интеграции принципов устойчивого развития	Умеренная	Высокая

Основные барьеры устойчивого среднеэтажного жилищного строительства в Гане

Экономические ограничения. Высокая стоимость устойчивых строительных материалов, систем возобновляемой энергетики и экологически ориентированных технологий остаётся одним из ключевых факторов, сдерживающих развитие устойчивого среднеэтажного жилья в Гане [11, 20]. Сравнительный анализ затрат (табл. 1–2) показывает, что альтернативные строительные решения требуют более высоких первоначальных инвестиций по сравнению с традиционными системами. Дополнительными ограничениями выступают ограниченная доступность финансирования и высокие кредитные ставки.

Нормативно-правовые и институциональные ограничения. Несмотря на наличие градостроительных и экологических нормативов, их эффективность остаётся ограниченной вследствие слабого контроля исполнения и недостаточной институциональной координации [21].

Технологические и материальные ограничения. Существенными барьерами являются недостаточная техническая подготовка, ограниченная механизация строительных процессов и зависимость от трудоёмких методов строительства. Кроме того, устойчивые материалы, включая глиняный кирпич, утрамбованную землю и бамбук, менее доступны по сравнению с традиционными цементными изделиями.

Социально-культурные факторы и общественная осведомлённость. Результаты анкетирования показали устойчивое предпочтение малоэтажной жилой застройки. Традиционные строительные системы продолжают доминировать, несмотря на их ограниченную теплотехническую эффективность, тогда как осведомлённость о принципах устойчивого архитектурного проектирования остаётся сравнительно низкой.

Недостатки инфраструктуры и эксплуатации. Недостаточный уровень технического обслуживания и неразвитость городской инфраструктуры снижают эксплуатационную эффективность жилых объектов. Проблемы, связанные с состоянием дорог, дренажных систем, инженерных сетей и общественных пространств, усложняют строительство и дальнейшую эксплуатацию жилой застройки [14, 21].

Архитектурные и экологические последствия

Выявленные барьеры оказывают непосредственное влияние на архитектурные решения, качество строительства и эксплуатационные характеристики жилых зданий. Экономические ограничения нередко способствуют использованию упрощённых конструктивных решений и недорогих материалов, что сдерживает внедрение климатически адаптированных технологий. Сохраняющаяся зависимость от традиционных строительных практик приводит к росту эксплуатационных расходов, снижению энергоэффективности и ускоренному износу материалов. В условиях быстрой урбанизации это усиливает нагрузку на инженерную инфраструктуру и ухудшает экологические характеристики жилой среды.

Стремление минимизировать затраты также отражается на качестве жилой среды, функциональной гибкости и микроклиматическом комфорте зданий, что в долгосрочной перспективе снижает устойчивость среднеэтажного жилья [22].

Пример жилого комплекса The Green Views: Жилой комплекс The Green Views в Аккре представляет собой пример современного среднеэтажного жилья в быстро урбанизирующейся городской среде. Пятиэтажный комплекс, разработанный бюро Bertran-Mertens Architects, отражает растущий интерес к более плотным моделям жилой застройки в крупных городах Ганы.

В проекте использованы железобетонная конструктивная система, стены из песчано-цементных блоков, благоустроенные общественные пространства и интегрированная жилая инфраструктура. К элементам устойчивого проектирования относятся озеленённые территории, использование древесины местного происхождения и автономная система водоснабжения. Вместе с тем объект сохраняет зависимость от традиционных материалов с высокой углеродоёмкостью и резервных энергетических систем [18]. Анализ выявил ограниченное применение пассивных экологических стратегий, включая климатически адаптированную ориентацию, естественную вентиляцию и солнцезащиту, а также зависимость от импортных строительных и отделочных материалов.

Существенным ограничением остаётся экономическая доступность. Расположенный в одном из наиболее дорогих районов Аккры, комплекс ориентирован преимущественно на высокодоходные группы населения, что ограничивает его вклад в формирование доступной городской жилой среды [23]. В целом проект отражает как возрастающую роль среднеэтажного жилья в Гане, так и сохраняющиеся архитектурные и социально-экономические ограничения его устойчивого развития.

Рис. 3. Жилой комплекс Green Views:
а) архитектурный перспективный вид; б) аэрофотосъёмка жилого комплекса; в) генеральный план участка с парковкой и озеленёнными зонами; г) типовая планировка жилого этажа.

Стратегии повышения устойчивости среднеэтажного жилищного строительства

Результаты исследования показывают, что развитие устойчивого среднеэтажного жилья в Гане требует более эффективного контроля за соблюдением градостроительных и экологических нормативов, практическая реализация которых остаётся ограниченной недостаточным контролем исполнения и слабой институциональной координацией.

Важное значение имеют также механизмы экономической поддержки. Высокие первоначальные затраты на экологически ориентированные материалы и системы возобновляемой энергетики обусловливают необходимость финансовых стимулов, льготного кредитования и институциональной поддержки.

Не менее важными направлениями являются расширение использования местных строительных материалов, развитие строительных технологий, повышение профессиональной подготовки и внедрение климатически адаптированных проектных решений. Дополнительную роль играет повышение общественной осведомлённости, способствующее распространению современных моделей среднеэтажного жилья.

Литература

1. Angela O., Lawrence E., Richard P. Statistical analysis of population and economic growth in Ghana // Journal of Actuarial Research. 2023. Vol. 1. No. 2. Pp. 1–12. DOI: 10.47941/jar.1573.
2. Ebenezer A., Bujang A.A., Bin B., Hassan S.L. Major factors causing housing deficit in Ghana // Developing Country Studies. 2016. Pp. 139–149.
3. Sylla O. Towards a sustainable housing solution for Africa: setting the agenda [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2024/12/oewg_presentation_towards_a_sustainable_housing_solution_in_africa_final.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
4. Ransford A.A. Urbanization and settlement growth management // Spatial Planning in Ghana. 2018. Vol. 9. Pp. 171–203. DOI: 10.1007/978-3-030-02011-8_9.
5. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. М.: Минстрой России, 2016.
6. Smith M., Tzannes A. Urban Design Architecture: Low Rise Medium Density Design Guide for Development Applications. Sydney, 2018.
7. Bibri S.E., Krogstie J., Kärrholm M. Compact city planning and development: emerging practices and strategies for achieving sustainability goals // Developments in the Built Environment. 2020. Vol. 4. DOI: 10.1016/j.dibe.2020.100021.
8. Emma H., Scott B., Timothy J.M., Imroz S. Energy efficiency within mid-rise residential buildings: a critical review of regulations in Australia // Energy Procedia. 2017. Vol. 121. Pp. 292–299. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.08.030.
9. Aleksandr S., Svetlana O., Elena S. Challenges and prospects for energy efficiency development in residential buildings // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 389. DOI: 10.1051/e3sconf/202338906009.
10. James T.A., Humphrey D. Sustainable building practice: an assessment tool for Ghana // West Africa Built Environment Research (WABER) Conference Proceedings. 2019. Pp. 987–1004. DOI: 10.33796/waberconference2019.71.
11. Susan D.D., John D., Eric O. Barriers to sustainable construction in the Ghanaian construction industry: consultants' perspectives // Journal of Sustainable Development. 2014. Vol. 7. No. 1. Pp. 134–142. DOI: 10.5539/jsd.v7n1p134.
12. Ofori A., Clinton A., Kwame A. Barriers to successful implementation of sustainable construction in the Ghanaian construction industry // Procedia Manufacturing. 2015. Vol. 3. Pp. 1682–1689. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.988
13. Lokko M., Manu F.W., Mboup N., Etman M.A., Raugei M., Niang I., Ametepe K., Sarfo-Mensah R. Comparing the whole life-cycle carbon impact of conventional and biogenic building materials across major residential typologies in Ghana and Senegal // Sustainable Cities and Society. 2024. Vol. 106. DOI: 10.1016/j.scs.2024.105332.
14. Sylla O. Ghana Housing Profile [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2025/02/ghana_housing_profile_final_version.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
15. Baiden B.K., Martin M.T. Impact of quality control practices in sandcrete blocks production // Journal of Architectural Engineering. 2004. Vol. 10. No. 2. Pp. 53–60. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0431(2004)10:2(53).
16. Kofi A., Ernest K., James C.D. Professionals' views of vernacular building materials and techniques for green building delivery in Ghana // Scientific African. 2020. Vol. 8. DOI: 10.1016/j.sciaf.2020.e00424.
17. Maximizing value with mid-rise construction: Lisa Pedestro case study [Электронный ресурс]. 2015. URL: https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/Maximizing-Value-with-Mid-Rise-Construction.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
18. Green Views Architecture [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://greenviewsresidential.com/architecture/ (дата обращения: 15.05.2026).
19. Brick Homes Ghana [Электронный ресурс]. 2014. URL: https://sampsonowusu.wordpress.com/#:~:text=Sizes%20of%20Clay%20Bricks%20Used%20in%20Ghana (дата обращения: 15.05.2026).
20. Ayarkwa J., Opoku D.J., Antwi-Afari P., Li R.Y.M. Sustainable building processes' challenges and strategies: the relative importance index approach // Cleaner Engineering and Technology. 2022. Vol. 7. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100455.
21. Emmanuel T.K.A., Issahak K. Climate action roadmaps for buildings and construction in Ghana. Ministry of Works and Housing Report. Accra, 2024. P. 44.
22. Warren-Myers G., Moosavi S., Hurlimann A., Raisbeck P., Bush J., March A., Browne G. Barriers to and facilitators of climate change action in architectural practice // Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 469. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.143149.
23. Here are seven most expensive areas to rent in Greater Accra [Электронный ресурс] // The Ghana Report. 2025. URL: https://www.theghanareport.com/here-are-7-most-expensive-areas-to-rent-at-in-greater-accra/ (дата обращения: 18.05.2026).

Architectural barriers to sustainable mid-rise housing in Ghana

Kissi Eugene Neizer
People's Friendship University of Russia

JEL classification: L61, L74, R53

Rapid urbanization in Ghana is increasing pressure on the housing sector and intensifying demand for efficient residential typologies. Mid-rise housing is regarded as a promising urban housing model due to its efficient land use and potential environmental benefits. However, its development continues to be constrained by architectural, planning, economic, and socio-cultural factors. The aim of this study is to identify the principal barriers affecting sustainable mid-rise housing development in Ghana. A mixed-methods approach was adopted, combining literature review, questionnaire survey, expert interviews, comparative cost assessment, and case-study analysis. The findings indicate that the main constraints include weak integration of local architectural identity, limited use of sustainable building materials, low flexibility of planning regulations, limited public acceptance of mid-rise housing, and high initial construction costs. The results may support the development of sustainable housing strategies in rapidly urbanizing regions facing housing shortages and broader sustainability challenges.

Keywords: sustainable architecture; mid-rise housing; Ghana; architectural development; conceptual barriers; sustainable construction.

References

1. Angela O., Lawrence E., Richard P. Statistical Analysis of Population and Economic Growth in Ghana. Journal of Actuarial Research. 2023, 1(2): 1-12. DOI:10.47941/jar.1573
2. Ebenezer A., Bujang A. A., Bin B., Hassan S. L. Major Factors Causing Housing Deficit in Ghana. Developing Country Studies. 2016: 139 -14
3. Mr. Oumar Sylla (Director). Towards a sustainable Housing solution for Africa: Setting the Agenda. (2024). URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2024/12/oewg_presentation_towards_a_sustainable_housing_solution_in_africa_final.pdf
4. Ransford A. A., Urbanization and Settlement Growth Management. In the Book: Spatial Planning in Ghana. 2018, 9 (Vol): 171 - 203. DOI:10.1007/978-3-030-02011-8_9
5. SP 42.13330.2016. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i sel'skikh poselenii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89. Moscow: Minstroy Rossii; 2016.
6. Smith & Tzannes. Urban Design Architecture. Low Rise Medium Density Design Guide for Development Applications. 2018.
7. Bibri, S. E., Krogstie, J., & Kärrholm, M. Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability. Developments in the Built Environment. 2020, (4): https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100021
8. Emma H., Scott B., Timothy J.M., Imroz S. Energy efficiency within mid-rise residential buildings: A critical review of regulations in Australia. International Conference on Improving Residential Energy Efficiency. 2017, (121): 292-299. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.030
9. Aleksandr S., Svetlana O., Elena S. Challenges and prospects for energy efficiency development in residential buildings. E3S Web of Conferences. 2023, 389 (2): 1-5. DOI:10.1051/e3sconf/202338906009
10. James T. A., Humphrey D. Sustainable building practice: an assessment tool for Ghana. Conference. West Africa Built Environment Research (WABER) Conference, 10th Anniversary. 2019: 987-1004. DOI:10.33796/waberconference2019.71
11. Susan D. D., John. D., Eric O. Barriers to Sustainable Construction in the Ghanaian Construction Industry: Consultants Perspectives. Journal of Sustainable Development. 2014, 7(1): 134-142. DOI:10.5539/jsd. v7n1p134
12. Ofori A., Clinton A., Kwame A. Barriers to Successful Implementation of Sustainable Construction in the Ghanaian Construction Industry. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE. 2015, (3): 1682-1689. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.988
13. Lokko, M., Manu, F. W., Mboup, N., Etman, M. A., Raugei, M., Niang, I., Ametepe, K., & Sarfo-Mensah, R. Comparing the whole life cycle carbon impact of conventional and biogenic building materials across major residential typologies in Ghana and Senegal. Sustainable Cities and Society. 2024, (106): 1-18. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105332
14. Oumar Sylla. Housing Ghana Profile [Internet]. 2024 [Cited 15 May 2026]; Available from: https://unhabitat.org/sites/default/files/2025/02/ghana_housing_profile_final_version.pdf
15. Baiden B.K., Martin M.T. Impact of Quality Control Practices in Sandcrete Blocks Production. Journal of Architectural Engineering. 2004, 10 (2): 53-60. DOI:10.1061/(ASCE)1076-0431(2004)10:2(53)

Реконструкция массовой малоэтажной типовой застройки 1960–1980-х годов в малых городах России: принципы гибридизации функций и климатической адаптации

Кузьмин Роман Борисович
аспирант, Инженерная академия (Департамент архитектуры и реставрации), Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН); бакалавр, юридический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ), 1142221383@rudn.ru,

Акчурин Юрий Рафаэлевич
аспирант, Инженерная академия (Департамент Архитектуры и реставрации), Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), 1142220692@rudn.ru

В статье рассматриваются архитектурно-типологические подходы к реконструкции массовой типовой застройки 1960–1980-х годов в малых городах Российской Федерации. На основе анализа отечественной градостроительной литературы и обобщения сложившейся проектной практики авторы обосновывают положение о том, что в условиях посёлков городского типа и небольших районных центров с типовым жилым фондом серий 1-447, 1-464, 1-468, 137 и аналогичных простая надстройка и капитальный ремонт уже не работают. Предлагается стратегия, соединяющая гибридизацию функционального наполнения реконструируемых зданий и формируемых при них пристроенных модулей с архитектурными решениями климатической адаптации пешеходных пространств. Описаны архитектурно-проектные приёмы реконструкции: формирование общественного первого этажа с конструктивным резервом перекрытий, дифференциация входных групп жилого и общественного потоков, пристройка малоэтажных общественных модулей, устройство климатически защищённых пешеходных связей и согласование решений с масштабом окружающей среды малого города. Обосновано значение предложенного подхода для практики проектирования и для системы государственной поддержки малых городов в составе национального проекта «Жильё и городская среда». Работа ограничивается архитектурно-типологическим уровнем рассмотрения; разработка конкретных проектных решений для отдельных серий и регионов составляет предмет последующих исследований.
Ключевые слова: малоэтажность, гибридизация, климатическая адаптация, застройка, архитектура, жилье.

Введение

Жилой фонд российских малых городов в значительной мере состоит из типовых жилых домов массовых серий 1960–1980-х годов. Серии 1-447, 1-464, 1-468 и более поздняя 137-я серия - на момент проектирования всё это рассматривалось как временное решение жилищной проблемы со сроком эксплуатации в двадцать пять - тридцать лет. К настоящему времени эти здания эксплуатируются уже от сорока до шестидесяти лет. Физический и моральный износ достиг критических значений. А городская среда вокруг во многом сохранила черты массовой застройки эпохи позднего модернизма: децентрализация инфраструктуры, низкое качество пешеходных пространств, отсутствие выраженного композиционного центра, агрессивный микроклимат межквартальных территорий.

Существующая практика работы с этим фондом сводится преимущественно к двум стратегиям. Первая - капитальный ремонт: замена инженерных систем, утепление фасадов, замена кровли. Вторая - надстройка с приведением первых этажей под общественные функции. Обе стратегии имеют ограниченное архитектурно-типологическое значение: они улучшают физическое состояние здания и его теплотехнику, но почти не меняют ни функциональной программы, ни качества окружающей среды. Получается парадокс: отремонтированный пятиэтажный дом серии 1-464 по-прежнему обеспечивает только жилую функцию, а пешеходные пути от него до объектов повседневной потребности остаются длинными, неудобными, климатически незащищёнными.

Задача настоящей статьи - описать архитектурно-проектные подходы к реконструкции массовой типовой застройки 1960–1980-х годов в малых городах России, подходы, которые обеспечивают переход от ограниченной стратегии «капитальный ремонт плюс надстройка» к стратегии глубокой реконструкции - с гибридизацией функционального наполнения и климатической адаптацией пешеходных пространств.

Актуальность задачи задана сочетанием четырёх обстоятельств. Первое - состояние самого жилого фонда: значительная часть зданий массовых серий приближается к концу нормативного срока эксплуатации. Второе - государственная политика поддержки малых городов в рамках национального проекта «Жильё и городская среда» [13], реализуемого с 2018 года. Третье - теоретическая повестка: концепция 15-минутного города, оформленная К. Морено и его соавторами в 2021 году [21], требует развития применительно к специфическим условиям российского малого города. Четвёртое - климатический фактор: большая часть территории России расположена в климатических зонах I и II по СП 131.13330 [17], где зимнее пешеходное передвижение между зданиями требует архитектурных мер защиты, не предусмотренных в типовых проектах рассматриваемых серий.

Основная часть

Типовая застройка 1960–1980-х годов как объект архитектурно-проектной задачи

Массовое типовое жилищное строительство в Советском Союзе развернулось после Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 31.07.1957 г. «О развитии жилищного строительства в СССР». С конца 1950-х и до середины 1980-х годов в стране построены десятки миллионов квадратных метров жилья по типовым проектам. Для малых городов основным архитектурным результатом этой программы стал жилой фонд серий 1-447 (кирпичные пятиэтажки), 1-464 (крупнопанельные пятиэтажки), 1-468 (крупноблочные), 137-я серия девятиэтажных домов и их региональные модификации. Архитектурно-типологические характеристики этого фонда: этажность преимущественно пять этажей, в более поздних модификациях - девять; общая площадь квартиры в среднем сорок - шестьдесят квадратных метров; высота этажа в чистоте - 2.50 метра; конструктивная схема - продольно-стеновая (1-447) или поперечно-стеновая (1-464, 1-468); расчётная эксплуатационная нагрузка перекрытий - порядка полутора килопаскалей, что отвечает только жилой функции и не оставляет резерва для общественных функций. Первые этажи изначально предназначены под жильё.

Городская среда вокруг этих зданий характеризуется дисперсной функциональной структурой, низким качеством общественных пространств, агрессивным микроклиматом межквартальных пространств. Доля частного жилого сектора в типичном малом городе составляет от

тридцати до пятидесяти процентов жилого фонда [10]. Расстояния между функциональными зонами часто формально не превышают пятнадцатиминутного пешеходного радиуса - но качество пешеходного пути таково, что эта доступность остаётся лишь номинальной. Что немаловажно: указанный жилой фонд физически и социально невозможно полностью снести и заместить новой застройкой. Экономика большинства малых городов не позволяет реализовать массовое замещение. Поэтому реконструкция, а не замещение, остаётся практически безальтернативной стратегией.

Ограниченность существующих стратегий реконструкции

Сложившаяся практика реконструкции массовой типовой застройки опирается на две стратегии. Первая - капитальный ремонт по программам Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства: замена инженерных систем, утепление фасадов, ремонт кровли. Архитектурно-типологически результат ограничен - дом остаётся тем же по этажности, конфигурации, функциональной программе. Вторая стратегия - надстройка с приведением первого этажа к смешанной функции, опыт которой реализовывался в Калининграде в рамках программы реконструкции типовых пятиэтажек начала двухтысячных годов, в Череповце и в ряде городов Подмосковья. Применялись надстройка лёгкими каркасными конструкциями, пристройка лоджий, замена ограждающих конструкций, перевод первых этажей под общественные функции. Результаты неоднозначны: физическое состояние улучшается, но реконструированный дом по-прежнему сохраняет основные черты исходной типовой серии. Принципиальное ограничение обеих стратегий состоит в том, что они работают с отдельным зданием как с автономным объектом. Между тем архитектурное качество городской среды определяется не отдельным зданием, а связями между зданиями и характером общественных пространств между ними. Концепция 15-минутного города в редакции К. Морено [21] прямо указывает на этот фактор: проектная единица - не здание, а пешеходное соседство в радиусе пятнадцатиминутной доступности повседневных функций. Применительно к рассматриваемому фонду это означает: задача состоит не в улучшении отдельного дома, а в трансформации фрагмента городской ткани. Необходима третья стратегия - глубокая реконструкция с гибридизацией функционального наполнения и климатической адаптацией пешеходных связей.

Подходы к гибридизации функций при реконструкции

Гибридизация функций при реконструкции типовой застройки понимается как совмещение нескольких функциональных назначений в составе одного здания или комплекса смежных зданий - за счёт двух механизмов: вертикальной диверсификации (различные функции на различных этажах одного объёма) и горизонтальной диверсификации через пристроенные малоэтажные модули. Первый приём - формирование общественного первого этажа. Для типовой пятиэтажки с расчётной нагрузкой первого этажа порядка полутора килопаскалей переход к общественной функции (торговля, аптека, отделение почты, амбулатория) требует усиления перекрытия до значений четырёх - пяти килопаскалей. Технические решения опробованы в отечественной практике: дополнительное армирование верхней зоны перекрытия с устройством бетонной набетонки, установка металлических балок. Архитектурно-планировочно требуется реорганизация входных групп: устройство отдельных входов со стороны улицы, переоборудование лестничных клеток с дифференциацией жилого и общественного потоков. Второй приём - пристройка малоэтажных общественных модулей к торцам реконструируемого здания. В отличие от усиления первого этажа, пристройка реализуется на смежной территории и не нагружает существующие несущие системы. Модуль - одно-двухэтажное лёгкое здание каркасной конструкции площадью двести - восемьсот квадратных метров. Функциональное содержание - общественное: детский сад малой ёмкости, спортивный зал, библиотечная точка, центр дополнительного образования, амбулатория, общественный коворкинг. Конструктивная связь с реконструируемым зданием минимальна - пристройка опирается на собственный фундамент и связана с основным объёмом через тёплый пешеходный переход.

Третий приём - формирование сетевой системы локальных функциональных ядер. Один реконструируемый дом со встроенно-пристроенными общественными функциями обслуживает зону влияния радиусом в пять - семь минут пешком; для покрытия территории целого района необходима сеть из нескольких таких реконструируемых ядер. Сетевая логика принципиально отличает рассматриваемую стратегию от точечной реконструкции отдельных домов. С точки зрения концепции 15-минутного города [21, 22] именно сетевое распределение функциональных ядер обеспечивает выполнение хронометрического критерия для всех жителей района. Четвёртый приём - учёт демографической специфики района. Массовая типовая застройка в малых городах России населена преимущественно стареющим населением; функциональная программа должна учитывать преобладание объектов первичной медицинской помощи и социального обслуживания пожилых над коммерческими функциями молодёжного сегмента.

Архитектурные приёмы климатической адаптации пешеходных пространств

Климатическая адаптация пешеходных пространств - это вторая опорная составляющая предлагаемой стратегии. Большая часть малых городов России расположена в климатических зонах I и II по СП 131.13330 [17] - продолжительная зима, устойчивый снежный покров, преобладающие холодные ветры. В таких условиях зимнее пешеходное передвижение между зданиями требует архитектурных решений, не предусмотренных в типовых проектах рассматриваемых серий. Гибридизация функционального наполнения без климатической адаптации даёт лишь частичный результат: жители получают функционально насыщенную среду, добраться до которой в зимнее время некомфортно для значительной части суток.

Первый приём климатической адаптации - устройство закрытых или полузакрытых входных пространств. Существующие входные группы типовых пятиэтажек - это неутеплённые тамбуры минимального размера. Реконструкция предполагает устройство двойного тамбура с воздушным шлюзом, остеклённой входной зоной не менее 15–20 квадратных метров, навеса над входом.

Второй приём - формирование сети тёплых пешеходных связей между реконструируемыми зданиями и пристроенными модулями. В наиболее холодных регионах (климатические зоны IA, IБ, IВ, IГ, IД по СП 131.13330 [17]) пешеходный переход целесообразно выполнять в виде утеплённой остеклённой галереи. В умеренно холодных условиях (зона II) достаточно навесов и аркад. Тёплая галерея - одноэтажный лёгкий объём шириной 2–2,5 метра, в каркасной конструкции с остеклением.

Третий приём - работа с микроклиматом межквартального пространства. Пристроенные модули и тёплые галереи формируют ветрозащитный контур; целевое озеленение хвойными породами создаёт зимний ветровой барьер; организация управляемого схода снега исключает образование наледей.

Четвёртый приём - учёт регионального климатического разнообразия. Реконструкция в Магадане, в Карелии и в Краснодарском крае требует принципиально различных архитектурных решений. Дифференциация по климатическим зонам по СП 131.13330 [17] становится самостоятельным архитектурно-проектным требованием.

Заключение

Подводя итог, можно сформулировать следующее. Сложившаяся практика реконструкции массовой типовой застройки 1960–1980-х годов в малых городах России - капитальный ремонт и надстройка отдельных зданий - исчерпала архитектурно-типологический потенциал. Она улучшает физическое состояние зданий, но не меняет ни функциональной программы, ни качества окружающей городской среды. Архитектурно-проектная задача требует перехода к третьей стратегии - глубокой реконструкции с гибридизацией функционального наполнения и климатической адаптацией пешеходных пространств.

Гибридизация функций реализуется через два механизма - вертикальную диверсификацию (общественный первый этаж под жильё верхних этажей) и горизонтальную диверсификацию через пристроенные малоэтажные общественные модули. Сетевое распределение функциональных ядер обеспечивает выполнение хронометрического критерия пятнадцатиминутной доступности для всех жителей района. Климатическая адаптация - закрытые и полузакрытые входные группы, тёплые галереи между зданиями и модулями, работа с микроклиматом межквартального пространства. Что немаловажно, дифференциация решений по климатическим зонам по СП 131.13330 является самостоятельным архитектурно-проектным требованием.

Описанные архитектурно-проектные подходы - гибридизация функций через общественный первый этаж, пристройка малоэтажных модулей, климатически защищённые пешеходные связи - применимы к массиву типовых зданий серий 1-447, 1-464, 1-468, 137 и аналогичных независимо от региональной специфики и могут быть встроены в существующую практику реконструкции. Предложенный подход имеет значение в проектной практике и в системе государственной поддержки малых городов.

Литература

1. Бархин М. Г. Город. Структура и композиция / М. Г. Бархин. - Москва : Наука, 1986. - 264 с.

2. Бочаров Ю. П. Производство и пространственная организация городов / Ю. П. Бочаров, Г. И. Фильваров. - Москва : Стройиздат, 1987. - 256 с.

3. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. - Москва : Стройиздат, 1984. - 256 с.

4. Глазычев В. Л. Урбанистика / В. Л. Глазычев. - Москва : Европа, 2008. - 220 с.

5. Глазычев В. Л. Город без границ / В. Л. Глазычев. - Москва : Территория будущего, 2011. - 400 с.

6. Есаулов Г. В. Архитектура и градостроительство в условиях современной России / Г. В. Есаулов // Academia. Архитектура и строительство. - 2017. - № 4. - С. 5–11.

7. Гельфонд А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений : учебное пособие / А. Л. Гельфонд. - Москва : Архитектура-С, 2007. - 280 с.

8. Косенкова Ю. Л. Советский город 1940-х - первой половины 1950-х годов : от творческих поисков к практике строительства / Ю. Л. Косенкова. - 2-е изд. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2009. - 440 с.

9. Крашенинников А. В. Микропространства городской среды / А. В. Крашенинников. - Москва : КУРС, 2020. - 240 с.

10. Крашенинников А. В. Градостроительное развитие жилой застройки : исследование опыта западных стран / А. В. Крашенинников. - Москва : Архитектура-С, 2005. - 112 с.

11. Сапрыкина Н. А. Архитектура многофункциональных общественных зданий : тенденции развития / Н. А. Сапрыкина // Academia. Архитектура и строительство. - 2018. - № 4. - С. 41–48.

12. Дидковский В. М. Малоэтажное жилищное строительство / В. М. Дидковский. - Москва : Архитектура-С, 2006. - 184 с.

13. Паспорт национального проекта «Жильё и городская среда» : утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 г. № 16.

14. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

15. Об утверждении перечня монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) : распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. № 1398-р.

16. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. - Москва : Стандартинформ, 2017.

17. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. - Москва : Стандартинформ, 2020.

18. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. - Москва : Стандартинформ, 2016.

19. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. - Москва : Стандартинформ, 2022.

20. СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные. - Москва : Стандартинформ, 2022.

21. Moreno C. Introducing the «15-Minute City» : Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities / C. Moreno, Z. Allam, D. Chabaud, C. Gall, F. Pratlong // Smart Cities. - 2021. - Vol. 4, № 1. - P. 93–111.

22. Шемякина В. А. Концепция 15-минутного города как ответ на пандемию / В. А. Шемякина // Architecture and Modern Information Technologies. - 2021. - № 1 (54). - С. 295–311.

23. Скалкин А. А. Малые города в системе расселения : проблемы и перспективы / А. А. Скалкин // Architecture and Modern Information Technologies. - 2020. - № 2 (51). - С. 286–303.

24. Тамразян А. Г. К проблеме обеспечения живучести зданий / А. Г. Тамразян // Жилищное строительство. - 2017. - № 5. - С. 35–39.

25. Травуш В. И. Перспективные решения в области конструктивных систем многоэтажных зданий / В. И. Травуш, Д. В. Конин // Промышленное и гражданское строительство. - 2018. - № 4. - С. 4–10.

Reconstruction of Mass Low-Rise Standard Housing from the 1960s–1980s in Small Russian Towns: Principles of Functional Hybridization and Climate Adaptation

Kuzmin R.B., Akchurin Yu.R.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Lomonosov Moscow State University (MSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses architectural and typological approaches to the reconstruction of mass standard residential development of the 1960s–1980s in small towns of the Russian Federation. Based on the analysis of Russian urban planning literature and generalization of the established design practice, the authors substantiate the proposition that in conditions of urban-type settlements and small district centres with standard housing stock of series 1-447, 1-464, 1-468, 137 and similar series, simple superstructure and major repairs no longer work. A strategy is proposed that combines functional hybridization of reconstructed buildings and attached modules with architectural solutions for climatic adaptation of pedestrian spaces. The following architectural and design techniques of reconstruction are described: formation of a public ground floor with a structural reserve of slabs, differentiation of entrance groups of residential and public flows, attachment of low-rise public modules, arrangement of climatically protected pedestrian connections, and coordination of solutions with the scale of the small town environment. The significance of the proposed approach for design practice and for the state support system of small towns within the framework of the national project «Housing and Urban Environment» is justified. The work is limited to the architectural and typological level of consideration; the development of specific design solutions for individual series and regions constitutes the subject of subsequent research.

Keywords: low-rise buildings, hybridization, climate adaptation, development, architecture, housing.

References

1. Barkhin M. G. City. Structure and composition. Moscow: Nauka, 1986. 264 p.
2. Bocharov Yu. P., Filvarov G. I. Production and spatial organization of cities. Moscow: Stroyizdat, 1987. 256 p.
3. Gutnov A. E. The evolution of urban planning. Moscow: Stroyizdat, 1984. 256 p.
4. Glazychev V. L. Urban studies. Moscow: Evropa, 2008. 220 p.
5. Glazychev V. L. City without borders. Moscow: Territoriya budushchego, 2011. 400 p.
6. Esaulov G. V. Architecture and urban planning in the conditions of modern Russia // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2017. № 4. P. 5–11.
7. Gelfond A. L. Architectural design of public buildings and structures. Moscow: Arkhitektura-S, 2007. 280 p.
8. Kosenkova Yu. L. The Soviet city of the 1940s - first half of the 1950s. 2nd ed. Moscow: LIBROKOM, 2009. 440 p.
9. Krasheninnikov A. V. Micro-spaces of the urban environment. Moscow: KURS, 2020. 240 p.
10. Krasheninnikov A. V. Urban planning development of residential buildings. Moscow: Arkhitektura-S, 2005. 112 p.
11. Saprykina N. A. Architecture of multifunctional public buildings // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2018. № 4. P. 41–48.
12. Didkovsky V. M. Low-rise housing construction. Moscow: Arkhitektura-S, 2006. 184 p.
13. Passport of the national project «Housing and Urban Environment»: approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation, minutes dated December 24, 2018 № 16.
14. Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025: approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated February 13, 2019 № 207-r.
15. On approval of the list of single-industry municipalities of the Russian Federation: decree of the Government of the Russian Federation dated July 29, 2014 № 1398-r.
16. SP 42.13330.2016. Urban planning. Moscow: Standartinform, 2017.
17. SP 131.13330.2020. Construction climatology. Moscow: Standartinform, 2020.
18. SP 20.13330.2016. Loads and actions. Moscow: Standartinform, 2016.
19. SP 118.13330.2022. Public buildings and structures. Moscow: Standartinform, 2022.
20. SP 54.13330.2022. Multi-apartment residential buildings. Moscow: Standartinform, 2022.
21. Moreno C., Allam Z., Chabaud D., Gall C., Pratlong F. Introducing the «15-Minute City»: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities // Smart Cities. 2021. Vol. 4, № 1. P. 93–111.
22. Shemyakina V. A. The concept of a 15-minute city as a response to a pandemic // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. № 1 (54). P. 295–311.
23. Skalkin A. A. Small towns in the settlement system // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. № 2 (51). P. 286–303.
24. Tamrazyan A. G. On the problem of ensuring building survivability // Zhilishchnoe stroitelstvo. 2017. № 5. P. 35–39.
25. Travush V. I., Konin D. V. Prospective solutions in the field of structural systems of multi-story buildings // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2018. № 4. P. 4–10.

Оптимизация технологических решений при устройстве внутриплощадочных инженерных локальных и автономных сетей для модульных зданий с учетом заложенных проектных возможностей их надстройки и пристройки

Луков Алексей Владимирович
к.т.н., доцент, кафедра "Испытания сооружений", ИПГС, НИУ МГСУ, vokul@yandex.ru

Статья посвящена сравнительному анализу различных типов устройства внутриплощадочных инженерных систем для блочно-модульных зданий с учётом таких ключевых факторов, как возможность пристройки и надстройки зданий с целью увеличения объема и экономическая эффективность. В работе рассматриваются два варианта сети водоснабжения, проложенных различными способами и отличающихся по технологии. В статье рассматривается вопрос оптимизации технологических решений на эффективность зданий. В статье приведены расчёт, направленный на определение потребляемой мощности эффективности в зависимости от технологического решения устройства инженерных сетей. Результаты исследования помогают выбрать наиболее сбалансированное решение для проектирования модульных домов с учётом всех потребностей, безопасности, энергоэффективности и стоимости.

Ключевые слова: блочно-модульные здания, инженерные сети, способ прокладки инженерных системы, автономные инженерные сети, технологический решения прокладки внутриплощадочных инженерных сетей, экономичность, энергоэффективность, модульное строительство.

Модульное строительство в России, в настоящее время активно используется в жилищном строительстве, социальной инфраструктуре (школы, больницы, общежития), коммерческой недвижимости (офисы, гостиницы) и промышленности (временные сооружения). Данный вид строительства прошел довольно долгий путь до его активного применения в возведении зданий, около века назад советские архитекторы (К. Мельников, Т. Варенцов, Н. Ладовский, В.Караулов) предложили концепции модульного домостроения, что легло в основу для дальнейшего их развития. Однако ближе к 90-м годам интерес к этому виду строительства значительно снизился, но в наше время он снова набирает обороты за счет своих неоспоримых плюсов. Их преимущество - скорость возведения, мобильность и экономичность. Однако инженерные сети требуют гибких решений, способных адаптироваться к изменениям.

С учётов возросшего интереса к модульному строительству в течении 10 лет, Минстрой РФ разработал свод правил для регулирования строительства в данной области – СП 501.1325800.2021 «Здания из крупногабаритных модулей. Правила проектирования и строительства», который предписывает требования по проектированию и возведению зданий из крупногабаритных железобетонных модулей. Кроме этого в 2023 году была создана ассоциация, целью которой является популяризация и внедрение технологий префабрикации и модульного возведения зданий в Российской Федерации (АРМС – Ассоциация развития Модульного строительства).

Однако простая и успешная эксплуатация модульных сооружений напрямую зависит от инженерных систем и их способности адаптироваться к изменениям объемов эксплуатируемого объекта тех или иных условиях. В России представлен большой спектр технологических решений для устройства инженерных систем, но каждые из них предъявляет свои особенные требования к проектированию и строительству с учетом климатических условий регионов нашей страны, так как зоны, в которых проводится строительство могут быть как на арктическом севере страны, так и в субтропической её части. Главной особенностью проектирования инженерных систем для модульного здания, является гибкость и масштабируемость сетей, так как они должны быть рассчитаны на подключение новых модулей без замены или реконструкции уже построенных, также нужно учитывать автономность систем в отдаленных регионах страны, так как в них может отсутствовать централизованные коммуникации. При проектировании немаловажно учитывать быстроту монтажа и демонтажа инженерных узлов, чтобы обеспечить простоту интеграции новых элементов, которые могут способствовать оптимизации.

Инженерные коммуникации модульных зданий спроектированные без заложенной возможности внедрения новых блочно-модульных конструкций и без зон климатического влияния, не могут обеспечивать достаточную потребляемую мощность. Так как при выборе оптимального решения для устройства инженерных сетей, необходимо опираться на количество солнечного времени в данном регионе, глубину промерзания грунта, ведь от этого зависит выбор способа прокладки и виды системы обеспечения.

В рамках данной научной статьи будут рассмотрено два варианта технологических решений для устройства внутриплощадочной сети водоснабжения.

Вариант №1. Устройство системы водоснабжения модульного гостиничного комплекса с подключением к централизованной систем подачи воды.

В данном варианте выполнен часто используемый в наше время способ прокладки инженерных коммуникаций открытым способом в траншее. Подача воды осуществляется за счет врезки в магистральный трубопровод городского водоснабжения, так как он может обеспечить нам минимально необходимую мощность системы. На месте врезки устанавливается колодец диаметром 2м, чтобы обеспечить удобство при обслуживании запорной арматуры и врезки в трубопровод. Для подачи воды до точки ответвления для ввода трубопровода в гостиницу, были использованы ПНД трубы d160x14,6, отходящий трубопровод, для ввода в здание, был выполнен так же из ПНД труб d63x5,8. Выбор необходимых труб был обоснован сводом правил наружного водоснабжения и техни-

ческим условием на подключение к сетям Мосводоканала. Глубина прокладки сети 3м, что значительно ниже глубины промерзания грунта для города Москва, это позволяет избежать утепления трубопровода, а также помогает избежать пересечения с другими сетями, которые могут повлиять на нашу систему, это решение обуславливается требованиями СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Данное решение о способе прокладки влечет за собой дополнительные затраты на восстановление благоустройства территории, так как оно было выполнено до начала строительства системы.

При проектировании был произведен расчет для выявления необходимого потребления воды в сутки, главными критериями были:

- Количество гостей в номерах, стандартные гостиницы модульного типа могут вместить 1-2 гостя в один номер.

- Суточное потребление воды на человека, этот показатель составляет 200-250 литров воды на человека в сутки, без учета SPA зон и бассейнов на территории гостиниц.

- Потребление воды дополнительными сервисами, зачастую это рестораны, прачечные и упомянутые ранее SPA комплексы, прачечная потребляет 15-20 литров воды на 1 килограмм белья, а бассейн средних размеров в 200 м^3 потребляет около 10,000 л воды на потери при испарении в месяц.

- Особенности зданий, так как требуется заложить этажность и количество блоков, от них зависит протяженность трубопроводов и потери в них в зависимости от высоты и длины.

Пример расчета гостиницы на 50 номеров: Средняя загрузка гостиницы составляет 75 гостей, есть ресторан и прачечная. Базовой потребление на человека берем в размере 200л, для прачечной 15л на 1 кг. Таким образом получаем: 75 гостей * 200 литров = 15,000 литров в сутки на нужны гостей, при показателе в 30кг белья получим 30 кг * 15 литров = 450 литров воды на нужды прачечной. Минимальный требуемый объем подачи воды в сутки для гостиницы на 50 номеров составляет 15,450 л.

Неправильное проектирование может привести к финансовым потерям из-за переплат за избыточные мощности насосного оборудования и штрафов за превышения норм водопотребления.

По окончанию строительно-монтажных работ, все траншеи засыпаются песком с послойным трамбованием, чтобы избежать просадки грунта и последующим за этим повторным восстановлением благоустройства.

На местах ответвления трубопроводов предусмотрены железобетонные колодцы с установкой в них запорной арматуры в виде клиновых задвижек, подключенных через фланцевое соединение, для отключения отдельных частей гостиницы при обслуживании коммуникаций.

В местах пересечения с дорогой и другими сетями трубопровод был проложен через защитный футляр из ПНД труб большего диаметра с фиксацией опорноцентрирующими кольцами, чтобы избежать перепада высоты и избыточного кратковременного давления из вне.

На вводах в здания, чтобы избежать замерзания воды внутри системы водоснабжения были использованы утеплитель из минеральной ваты цилиндрической формы и греющий кабель для ее обогрева. Схема приведена на рисунке 1.

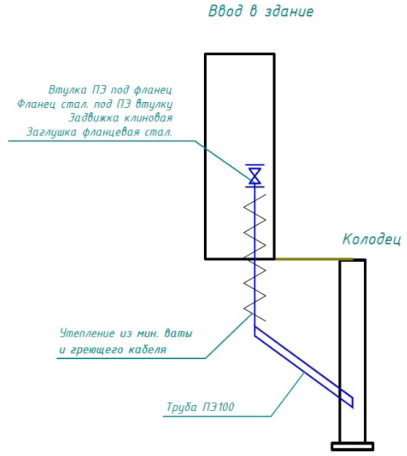


Рисунок 1. Схема утепления трубопровода на вводе в задние.

Приведем перечень материалов, использованных при строительстве сети водоснабжения в данном варианте и их стоимость в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Вид используемых материалов первого варианта.

№ п.п.	Наименование	Кол-во	Суммарная стоимость, руб.
1.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 400мм, толщина стенки 36,3 мм (футляр)	270 м	2 554 138,29
2.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 160мм, толщина стенки 9,5 мм	280 м	434 208,82
3.	Спейсеры под трубу d63 в футляр d400	35 шт.	18 085,45
4.	Спейсеры под трубу d110 в футляр d400	12 шт.	13 055,91
5.	Спейсеры под трубу d160 в футляр d400	92 шт.	107 921,10
6.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 63мм, толщина стенки 3,8 мм	100 м	29 506,85
7.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 110мм, толщина стенки 10 мм	60 м	27 932,52
8.	Отводы, муфты, тройники, втулки под фланец, фланцы, заглушки фланцевые.	54 шт.	109 760, 28
9.	Ж/Б колодцы	13,362 м^3	414 153,82
10.	Защитные муфты на вводах в строения и проходе через стенки колодцев	12 шт.	138 100,41
11.	Гидроизоляция колодцев	132 м^2	171 522,75
12.	Задвижки клиновые	12 шт.	155 562,76
13.	Восстановление благоустройства	2000 м^2	5 421 312,83
14.	Затраты на работу техники и людей	-	5 322 431,92
Итого:			15 227 316,42

После проведения всех гидравлических испытаний получаем готовую к эксплуатации сеть, но данный вариант сети водоснабжения ограничивается техническими условиями Мосводоканала, и мы не можем заложить большой объем на увеличение гостиницы в будущем. План готовой сети приведена на рисунке 2.

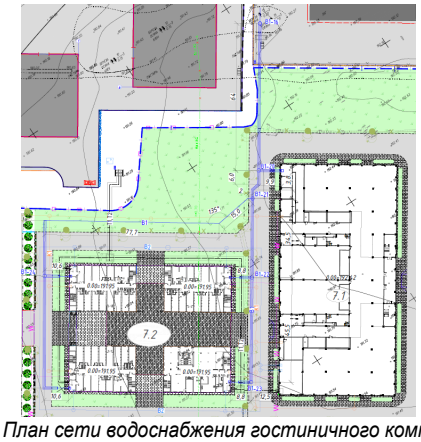


Рисунок 2. План сети водоснабжения гостиничного комплекса

Вариант №2. Устройство автономной системы водоснабжения модульного гостиничного комплекса.

В данном варианте рассматривается решение устройства автономной системы водоснабжения без подключения к централизованному водопроводу, с учетом подключения к той же гостинице и без нарушения целостности благоустройства, при помощи метода горизонтально направленного бурения (ГНБ). Подача воды в данном случае будет осуществлять за счет пробуренной скважины, качество воды в которой соответствует требуемым нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода».

Используя те же расчеты водопотребления гостиницы в сутки, а именно 15,450 л, мы можем подобрать резервуары и насосное оборудование, которое обеспечит нам бесперебойную работу и необходимое давление. Подача воды от скважины до резервуаров полностью автоматизируется, поэтому глубинный насос и оборудование скважины не находится в постоянной эксплуатации, что продлевает срок службы этих узлов. Схема устройства скважины приведена на рисунках 3-4.

Для того, чтобы оборудование скважины и насосной станции повышенного давления (ПНС) не работали на износ, были предусмотрены два резервуара объемами 30 м^3 каждый, этого более чем достаточно для нужд гостиницы, но это позволяет нам учесть возможное подключение новых модулей при горизонтальной или высотной надстройки нашего

строения. При наполнении резервуаров до нужного уровня, автоматика отключает оборудование скважины.

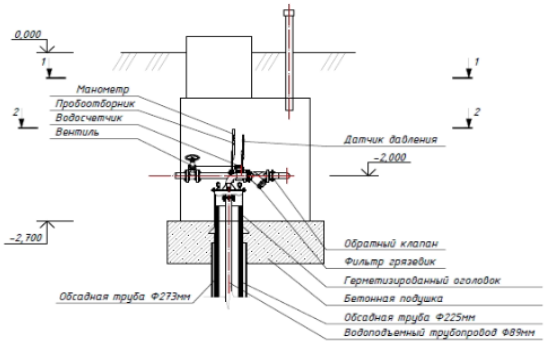


Рисунок 3. Разрез устройства скважины питьевого водоснабжения.

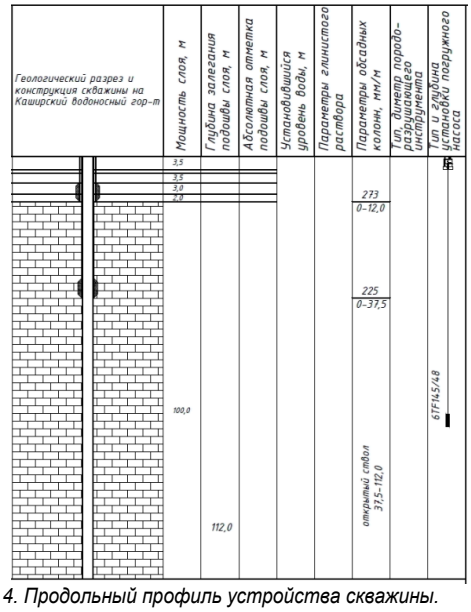


Рисунок 4. Продольный профиль устройства скважины.

Что касается трубопроводов, то из-за прокладки методом ГНБ мы можем избежать использования футляров при проходе под дорогами и другими сетями, за счет раствора на основе бентонита, который цементирует грунт вокруг места бурения, чтобы грунт не мог обвалиться и создать деформации на нашей сети. Так же данный метод значительно сокращает сроки прокладки труб, исключая разработку грунта в большом объеме и его вывоз с объекта в случае непригодности к повторному использованию. У такой схемы устройства сети есть и минусы, главным из которых является стоимость, но все это нивелируется, тем что появляется экономия на материалах, и трудозатратах. В местах монтажа установки ГНБ в последующем ставятся Ж/Б колодцы, для установки запорной арматуры. Схема деталировки колодца приведена на рисунке 5.

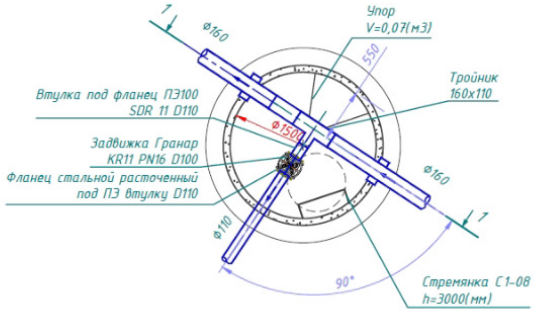


Рисунок 5. Деталировка водопроводного колодца

При использовании тех же материалов, но с добавлением ПНС и резервуаров для чистой воды и с исключением футляров и благоустройства получим совсем иную стоимость.

Приведем перечень материалов, использованных при строительстве сети водоснабжения в данном варианте и их стоимость в таблице 1.2.

Таблица 1.2
Вид используемых материалов второго варианта.

№ п.п.	Наименование	Кол-во	Суммарная стоимость, руб.
1.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 160мм, толщина стенки 9,5 мм	340 м	501 632,42
2.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 63мм, толщина стенки 3,8 мм	150 м	45 401,15
3.	Трубы напорные из полиэтилена ПЭ 100 из упрочненного полипропилена, SDR 11, номинальное давление PN 1,0 МПа, номинальный наружный диаметр DN 110мм, толщина стенки 10 мм	100 м	51 532,51
4.	Отводы, муфты, тройники, втулки под фланец, фланцы, заглушки фланцевые.	72 шт.	153 564, 22
5.	Ж/Б колодцы	14,42 м^3	462 453,92
6.	Защитные муфты на вводах в строения и проходе через стенки колодцев	16 шт.	154 129,21
7.	Гидроизоляция колодцев	151 м^2	192 522,75
8.	Задвижки клиновые	16 шт.	184 661,76
9.	Прокладка трубопроводов методом ГНБ	500м	2 436 719,09
10.	Резервуары объемом 30м^3	2 шт.	2 314 452,21
11.	Повысительная насосная станция (в сбое)	1 шт.	3 317 831,92
12.	Затраты на работу техники и людей	-	2 122 231,56
Итого:			11 937 132,72

После итогового подсчета, мы видим большое различие в цене, за монтаж всей системы, и это экономическое преимущество увеличивается в долгосрочной перспективе эксплуатации данного типа технологического решения. Не стоит забывать, что данное технологическое решение учитывает увеличение гостиницы в количестве номеров, более чем в 2-раза. План устройства автономной системы водоснабжения представлен на рисунке 6.

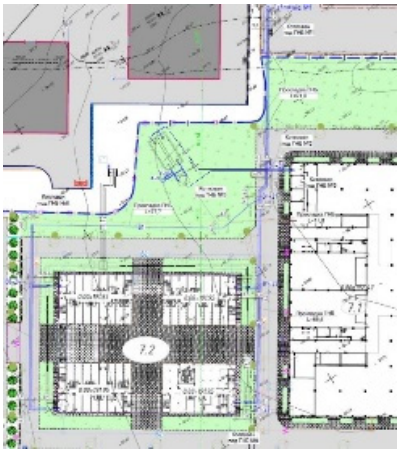


Рисунок 6. План автономной сети водоснабжения гостиничного комплекса

Выводы

В данной статье рассмотрена проблематика оптимизации инженерных систем при надстройке и пристройки модульных зданий. В силу того, что модульные дома зачастую проектируются по стандартной технологии, но с учетом подключения модулей между собой в будущем. Возникает необходимость выбора оптимального решения для инженерных систем, с учетом данной особенности. Для этого были рассмотрены два варианта устройства сети водоснабжения, каждый из которых был подвергнут экономическому анализу, для выбора самого оптимального решения.

Вариант №1 показал нам стандартную схему подключения, которая зачастую используется в наше время, но его экономическая выгода, длительность строительно-монтажных работ и возможность увеличения гостиницы в объемных решениях, показывает нам, что данный вариант использовать экономически нецелесообразно.

Вариант №2, в свою очередь, показал нам все плюсы автономных систем инженерного обеспечения с применением оптимизационных решений для их устройства. Однако данное решение отличается более сложной схемой монтажа и привязывается к чистому источнику водоснабжения, что не всегда представляется возможным в условиях застройки в той или иной части нашей страны, но для большинства регионов данный вариант может быть самым оптимальным решением.

Сравнение вариантов приведены в таблице 1.3

Таблица 1.3

Сравнение вариантов устройства сети водоснабжения.

№ п.п.	№ Варинта	Технологическое решение	Стоимость, руб.	Примерное время затраченное на устройство сети (в зависимости от трудострат), дней.
1.	№1	Устройство системы водоснабжения модульного гостиничного комплекса с подключением к централизованной систем подачи воды.	15 227 316,42	21
2.	№2	Устройство автономной системы водоснабжения модульного гостиничного комплекса	11 937 132,72	14

Подводя итоги, устройство автономных систем инженерного обеспечения с использованием оптимизационных решений для их прокладки, обеспечивает баланс между экономичностью, эффективностью и возможностью расширения модульных зданий, что делает их наиболее подходящими для решения данного вопроса и применения в строительстве.

Литература

1. Технология строительства подземных сооружений авторов Д. Робисон, Д. Шолл, Э. Спаркс.
2. СОВРЕМЕННОЕ МОДУЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО Сауков Д. А., Гинзберг Л. А. Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
3. Стандарт ISO 17885 (Microtunneling)
4. Стандарт ASTM F1216.
5. Основные требования к быстровозводимым строительным системам С.Г.Абрамян, Илиев А.Б.
6. Особенности технологии строительства быстровозводимых зданий и сооружений Санникова. Г.А.
7. СП 510.1325800.2022 Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения.
8. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа 7.
9. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий.
10. СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
11. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения»
12. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия».
13. СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений» СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты (с Изменением N 1).
14. СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1).
15. СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования (с Изменениями N 1, 2, 3)
16. СП 1325800.2024 «Здания и сооружения модульные».
17. Указания по проектированию и производству геодезических и фотограмметрических работ в строительстве и архитектуре А.И. Метелкин, И.П. Интулов, А.В. Баранников, О.В. Рукина – М.: Издательство АСВ.2003.
18. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений: учеб. пособие/ С.М. Чудновский, О.И. Лихачев –М.: Инфра-Инженерия, 2017.
19. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. От 06.05.2023) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию";
20. ГОСТ Р 58753-2019 Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия;
21. ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок (с Поправкой);
22. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99* (с Изменением N 1);
23. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4);
24. СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1);
25. МДС 12-46.2008 Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ.

Optimization of technological solutions for the installation of on-site local and autonomous engineering networks for modular buildings, taking into account the inherent design capabilities of their superstructure and extension

Lukov A.V.

NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article is devoted to a comparative analysis of various types of on-site engineering systems for block-modular buildings, taking into account such key factors as the possibility of building extensions and superstructures in order to increase volume and economic efficiency. The paper considers two variants of the water supply network, laid in various ways and differing in technology. The article discusses the issue of optimizing technological solutions for building efficiency. The article presents a calculation aimed at determining the power consumption efficiency depending on the technological solution of the engineering network device. The research results help us choose the most balanced solution for designing modular homes, taking into account all needs, safety, energy efficiency and cost.

Keywords: block-modular buildings, engineering networks, method of laying engineering systems, autonomous engineering networks, technological solutions for laying on-site engineering networks, efficiency, energy efficiency, modular construction.

References

1. Underground Structures Construction Technology by D. Robison, D. Scholl, and E. Sparks.
2. Contemporary Modular Construction by D. Saukov, L. Ginzberg, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
3. ISO 17885 (Microtunneling)
4. ASTM F1216
5. Basic Requirements for Prefabricated Building Systems by S. G. Abramyan and A. B. Iliev
6. Features of Prefabricated Building and Structure Construction Technology by G. A. Sannikova
7. SP 510.1325800.2022 Heating Substations and Internal Heat Supply Systems
8. SP 256.1325800.2016 Electrical Installations of Residential and Public Buildings. Design and Installation Rules
9. SP 73.13330.2016 Internal Plumbing Systems of Buildings
10. SP 31.13330.2021 "SNiP 2.04.02-84* Water Supply. External Networks and Structures."
11. SP 32.13330.2018 "SNiP 2.04.03-85 Sewerage. External Networks and Structures."
12. SP 20.13330.2016 "SNiP 2.01.07-85* Loads and Impacts."
13. SP 22.13330.2016 "SNiP 2.02.01-83* Foundations of Buildings and Structures" SP 24.13330.2021 SNiP 2.02.03-85 Pile Foundations (with Amendment No. 1).
14. SP 48.13330.2019 Organization of Construction SNiP 12-01-2004 (with Amendment No. 1).
15. SP 294.1325800.2017 Steel Structures. Design Rules (with Amendments Nos. 1, 2, 3)
16. SP 1325800.2024 "Modular Buildings and Structures".
17. Guidelines for the Design and Performance of Geodetic and Photogrammetric Work in Construction and Architecture by A.I. Metelkin, I.P. Intulov, A.V. Barannikov, O.V. Rukina – Moscow: ASV Publishing House.2003.
18. Operation and Monitoring of Systems and Structures: Textbook / S.M. Chudnovsky, O.I. Likhachev – Moscow: Infra-Engineering, 2017.
19. RF Government Resolution No. 87 of February 16, 2008 (as amended on May 6, 2023) "On the Composition of Design Documentation Sections and Requirements for Their Contents";
20. GOST R 58753-2019 Rope slings for construction. Specifications;
21. GOST 12.1.046-2014 Occupational Safety Standards System (OSSS). Construction. Construction Site Lighting Standards (with Amendment);
22. SP 131.13330.2020 Construction Climatology SNiP 23-01-99* (with Amendment No. 1);
23. SP 42.13330.2016 Urban Planning. Planning and Development of Urban and Rural Settlements. Updated version of SNiP 2.07.01-89* (with Amendments Nos. 1, 2, 3, 4);
24. SP 48.13330.2019 Construction Organization SNiP 12-01-2004 (with Amendment No. 1);
25. MDS 12-46.2008 Methodological recommendations for the development and execution of a construction organization project, a demolition (dismantling) work organization project, and a work production project.

Архитектурно-планировочная модель автономного поселения Крайнего Севера с интегрированной энергетической инфраструктурой

Мареева Анна Алексеевна
аспирант, кафедра Архитектура и реставрация, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, anya000anya@yandex.ru

Предмет статьи связан с архитектурно-планировочной моделью автономного поселения Крайнего Севера, где энергетическая инфраструктура рассматривается как часть пространственной структуры. Актуальность темы определяется сочетанием сурового климата, удаленности, транспортной зависимости, высокой стоимости эксплуатации и потребности в устойчивой среде постоянного проживания. Новизна состоит в обосновании модели, соединяющей компактную планировку, тепловое зонирование, модульные жилые группы, защищенные коммуникации, локальные энергетические узлы и адаптивные общественные пространства. Цель статьи состоит в разработке аналитической схемы автономного поселения для северных территорий. Методологическую основу составили сравнительный, типологический, морфологический и системно-планировочный методы. Источниковый массив охватывает современные исследования по арктической архитектуре, жилым системам, тепловому зонированию, энергоэффективности и микросетям. В аналитической части предложена пространственная логика поселения, пригодная для предпроектных решений, программирования застройки и оценки проектных вариантов.

Ключевые слова: автономное поселение, Крайний Север, арктическая архитектура, энергетическая инфраструктура, микросеть, тепловое зонирование, модульная застройка, компактная планировка, защищенные коммуникации, устойчивое проектирование.

Архитектурное проектирование автономных поселений Крайнего Севера связано с климатической, логистической и инженерной спецификой территории. Длительный холодный период, ветровая нагрузка, ограниченный строительный сезон, высокая стоимость доставки материалов и зависимость от локальных систем жизнеобеспечения требуют иной планировочной логики, чем в обычных городских поселениях. В северных условиях архитектурная форма, инженерные сети, энергетические источники и общественные пространства образуют единую проектную систему. Разрыв между планировочным решением и энергетической схемой повышает эксплуатационные затраты, удлиняет коммуникации, усложняет обслуживание и снижает комфортность среды.

Цель статьи состоит в разработке архитектурно-планировочной модели автономного поселения Крайнего Севера с интегрированной энергетической инфраструктурой для предпроектного обоснования и концептуального проектирования.

Научная новизна состоит в переходе от раздельного описания арктической архитектуры и автономной энергетики к модели их пространственной сопряженности. Энергетическая инфраструктура рассматривается как формообразующий элемент поселения, влияющий на структуру ядра, конфигурацию переходов, размещение общественных помещений, организацию тепловых буферов и очередность освоения территории.

Гипотеза исследования заключается в том, что автономное поселение Крайнего Севера получает более устойчивую проектную логику при размещении генерации, хранения, распределения энергии, тепловых буферов и общественных функций внутри единой компактной схемы.

Материалами исследования послужили публикации 2023–2025 гг., отобранные по связи с архитектурой Крайнего Севера, арктическими поселениями, жилыми системами, тепловым зонированием, энергоэффективностью и автономным энергоснабжением. Первая группа источников раскрывает принципы формирования северной архитектурной среды, включая компактность, объемное объединение, буферизацию и средовую идентичность [1, 2, 6]. Вторая группа описывает модульные жилые системы, конструктивные ограничения, энергоэффективные оболочки и тепловое зонирование [3–5]. Третья группа связана с энергетическим обеспечением удаленных территорий, микросетями, накопителями и сценариями повышения доли локальной энергии [7, 10]. Четвертая группа дополняет архитектурную рамку исследования через проблематику промежуточных пространств, северного городского планирования и устойчивого развития малых арктических городов [8, 9]. В работе применены сравнительный, типологический, морфологический и системно-планировочный методы. Сравнительный метод использован для сопоставления архитектурных и энергетических решений. Типологический метод позволил выделить элементы поселения: ядро, жилые группы, буферные зоны, хозяйственный пояс и внешний энергетический контур. Морфологический метод применен для описания связей между объемами, инженерными узлами и пешеходными маршрутами. Системно-планировочный метод использован при построении модели автономного поселения.

В работах по формированию архитектурной среды Крайнего Севера выделяются компактность, объемное объединение, многофункциональность, тепловое зонирование, буферизация и восполнение дефицита природных факторов. В частности, изучение, анализ и переосмысление имеющейся теоретической базы по проблемам архитектуры Крайнего Севера и Арктики, учет новейших тенденций «зеленой архитектуры» и современных представлений о комфортности среды позволили авторам сформулировать и обосновать следующие принципы формирования комфортной среды в суровых климатических условиях Крайнего Севера и Арктики: принцип многофункциональности, принцип объемного объединения; принцип компактности; принцип природоподобия; принцип аутентичности контексту; принцип теплового зонирования здания; принцип буфера; принцип восполнения. Данные принципы ориентированы на первоочередные аспекты работы архитектора: создание архитектурной формы в единстве с окружением и планировочная организация зданий, обеспечивающая максимальный комфорт при минимальной затрате ресурсов. Для автономного поселения эти положения задают исходную проектную рамку: застройка сокращает протяженность открытых маршрутов, уменьшает теплопотери, формирует защищенные общественные пространства и сохраняет возможность поэтапного развития. Поселение

при таком подходе проектируется как единая пространственно-энергетическая система.

Работы о северной архитектурной среде уточняют эту логику через локальные жилые группы, объединяющие жилье, повседневное обслуживание и закрытые связи [2]. Для комфортного перемещения между различными объектами города в особо холодные и ветреные периоды концептуальными проектами для Севера еще в середине XX века предлагалось устройство закрытых переходов, галерей, пассажей. В результате формируются объемно объединенные архитектурные образования (криптоклиматические комплексы), в которых каждый объект автономен и функционирует независимо от других. Здоровье человека, имеющего возможность не выходить в агрессивную наружную среду, меньше подвергается рискам. Итак, архитектура жилых систем для Крайнего Севера рассматривается через модульность, автономность, мобильность и адаптацию к транспортным ограничениям [3]. Из этого следует, что базовая единица поселения должна допускать присоединение технических помещений, тамбуров, сервисных блоков, тепловых буферов и малых общественных зон. При такой структуре жилой модуль включается в энергетически связанную группу.

Концепция теплового зонирования переводит климатический фактор в архитектурную структуру [4]. Тепловое зонирование предусматривает перепады температуры в зонах, последовательно расположенных от внешнего контура к ядру здания, в пределах 35–45 С, например, от минус 5–10 С до 30–35 С. В автономном поселении данный принцип работает как переход от внешнего климатического пояса к общественно-энергетическому центру через жилые группы, входные узлы, галереи и иные буферные зоны. Исследования промежуточных пространств в арктическом жилье подтверждают их значение для теплового комфорта, естественного освещения, связи человека с внешней средой и энергоэффективности [8].

Энергоэффективность модульных жилых систем в условиях Крайнего Севера связывается с компактной формой, приподнятым основанием, аэродинамичностью, легкими сборными конструкциями и сочетанием солнечных панелей с ветровыми турбинами. Огородников сводит требования к северному жилому объекту к трем опорам: модульность, для упрощения логистических цепочек поставок строительных материалов и повышения качества готового объекта, который будет предварительно собран на высокотехнологичных производствах под контролем технологов; автономность и энергоэффективность, что позволит размещать объекты на удалённых от центральных энергосистем территориях, предполагая внедрение энергосберегающих технологий и приборов для минимизации потребления энергии; экологичность, что способствует снижению нагрузки на окружающую среду [5]. Эти положения требуют включать панели, турбины, аккумуляторные помещения, дизельный резерв и тепловые пункты в морфологию поселения.

Исследования учебных проектов арктических поселений обращают внимание на ветрозащиту, световую и цветовую навигацию, теплые публичные пространства, безопасные маршруты и дизайн-код, связанный с местной идентичностью [6]. Для автономного поселения это означает связь энергетической инфраструктуры с освещением, навигацией, работой теплых галерей, общественных павильонов и сезонных сценариев использования. В исследованиях по энергообеспечению удаленных территорий Российской Арктики обоснована потребность в локальной инфраструктуре возобновляемых источников энергии, встроенной в условия жизни удаленных поселений [7]. Работы по арктическим микросетям показывают значение сочетания ветровой и солнечной генерации, накопителей, резервных источников, сценарного расчета нагрузки и поэтапного расширения мощности [10]. Поэтому микросеть следует проектировать на ранней стадии вместе с посадкой жилых групп и общественных узлов: энергетическая схема задает техническое ядро, защищенные сети, зоны накопления и аварийные режимы.

Сопоставление архитектурных и энергетических источников позволяет выделить два проектных вопроса. Первый связан с сочетанием компактности и средового разнообразия. В работах о северной архитектуре компактность связана с сокращением теплопотерь и удобством коммуникаций [1], исследования локальных жилых групп переносят акцент на объединение жилья, обслуживания и переходов [2], материалы по арктическим поселениям показывают значение света, цвета и теплых общественных пространств [6], а исследования промежуточных зон раскрывают потенциал буферов как средства связи между домом и внешней средой [8]. Следовательно, компактность должна создавать плотную сеть защищенных маршрутов, где каждый переход получает общественную, климатическую или сервисную функцию.

Второй вопрос касается размещения энергетической инфраструктуры. Модульность жилых систем связана с автономностью и логистической адаптацией [3], энергоэффективные модульные решения требуют компактной формы и локальных возобновляемых источников [5], удаленные арктические территории нуждаются в местных энергетических объектах, учитывающих тепло, электричество и воду [7], а микросетевые модели подтверждают значение поэтапного роста генерации и хранения [10]. Энергетический блок рационально размещать в зоне стыка жилых групп, общественного центра и сервисного контура, поскольку такая схема сокращает трассы, упрощает обслуживание и позволяет использовать техническое тепло в буферных общественных пространствах.

На основе рассмотренных работ архитектурно-планировочная модель автономного поселения Крайнего Севера может быть представлена как концентрическая. Аргумент в пользу компактной схемы подтверждается выводом о том, что чем меньше теплопотерь приходится на единицу объема, тем энергоэффективнее здание. Стремление к компактности должно органично коррелировать с необходимыми для зданий функциональными процессами с учетом оптимальных параметров инсоляции и естественного освещения. Простейшие геометрические формы, такие как куб, призма, пирамида, купол, наилучшим образом соответствуют указанным требованиям. Функции и коммуникации, размещенные в компактном объеме, получают кратчайшие связи и наилучшие условия для взаимодействия [1]. В центре размещается общественно-энергетическое ядро, объединяющее диспетчерскую микросети, помещения обслуживания, тепловой пункт, аккумуляторные и резервные зоны, мастерские, пункт связи, многофункциональное общественное пространство и защищенный входной узел. От ядра отходят жилые группы, соединенные крытыми переходами. Между ядром и жильем располагаются буферные пространства: галереи, атриумы, зимние сады, помещения кратковременного отдыха, детские и образовательные комнаты. Внешний контур образуют хозяйственные блоки, складские помещения, площадки сезонного хранения, ветро- и снегозащитные элементы, зоны размещения части генерации.

Рисунок 1 показывает принципиальную структуру такой модели, адаптируя обобщенные принципы компактности, объемного объединения, теплового зонирования и буферизации, раскрытые в исследованиях северной архитектурной среды [1].

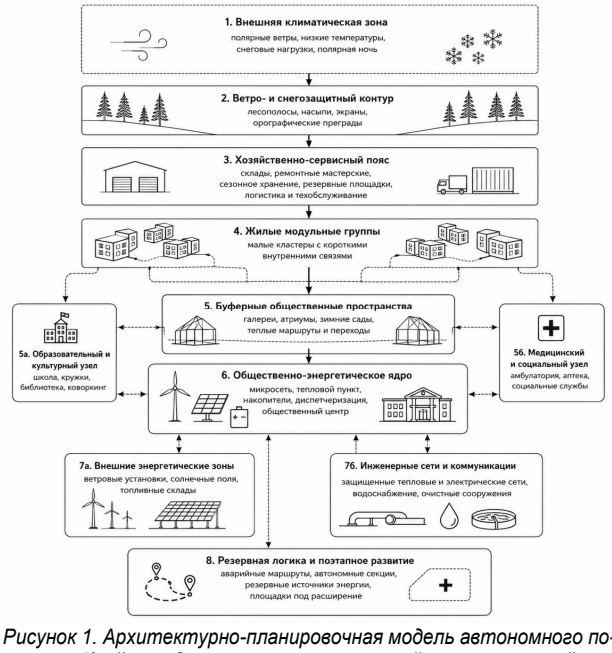


Рисунок 1. Архитектурно-планировочная модель автономного поселения Крайнего Севера с интегрированной энергетической инфраструктурой

Предложенная схема отличается от линейной структуры поселка, где жилье, производство, общественные функции и инженерные площадки разнесены по территории. В северных условиях линейная схема увеличивает длину сетей, время перемещений и число открытых переходов. Компактная модель с ядром и жилыми группами снижает эти издержки. Энергетическая инфраструктура в модели распределяется по трем уровням: базовая генерация и резерв у технического ядра; локальные элементы на жилых и общественных блоках; накопление и диспетчеризация. Такая структура согласуется с микросетевым подходом, где устойчивость обеспечивается сочетанием генерации, хранения, резервирования и управления нагрузкой [10]. Планировочная единица поселения строится вокруг малой жилой группы, связанной с общественно-

энергетическим ядром. Общественный центр занимает узловое положение между жилыми группами и техническим ядром. В нем целесообразно размещать многофункциональный зал, образовательные помещения, медицинский кабинет, зону удаленной работы, теплую рекреацию, малый спорт, пункт выдачи товаров, помещения обслуживания микросети и диспетчерскую [6].

Модель автономного поселения получает следующую архитектурно-планировочную формулу: компактное ядро, жилые группы малой мощности, защищенные переходы, тепловые буферы, распределенная генерация, резервируемая микросеть, световая навигация, поэтапное расширение и локальная идентичность. В совокупности эти решения задают проектный каркас, адаптируемый под конкретную площадку, климатический район, численность населения, ресурсную базу и функцию поселения.

Предложенная модель опирается на принцип проектной сопряженности. В автономном северном поселении архитектурная форма, микросеть, тепловые буферы, общественные функции и сервисные зоны проектируются одновременно. Последовательность, при которой сначала формируется планировка, а затем подбирается место для энергетического оборудования, создает конфликт между маршрутом, теплом, безопасностью, обслуживанием и стоимостью эксплуатации.

Автономность в данном случае не равна изоляции. Поселение должно обладать внутренней устойчивостью, но сохранять связь с природным окружением, сезонными сценариями, внешними поставками, культурными практиками и поэтапным развитием. Техническая замкнутость без общественной среды формирует вахтовый объект. Общественная среда без надежной энергетической основы становится затратной и уязвимой. Поэтому архитектурно-энергетическая модель строится вокруг баланса инженерной надежности и качества повседневной жизни.

Практическое внедрение модели целесообразно начинать с предпроектного паспорта площадки. В нем фиксируются ветровой режим, снегоперенос, доступность завоза, несущая способность грунтов, ресурс солнечной и ветровой генерации, прогноз нагрузки, численность жителей, сценарии роста и аварийного снабжения. На этой основе формируется матрица взаимного размещения: ядро, жилые группы, резервные зоны, буферы, защищенные маршруты и участки внешней генерации. Таблица 1 предназначена для перевода общей модели в проектные решения.

Таблица 1

Связь архитектурных элементов автономного поселения с энергетической инфраструктурой

Элемент модели	Пространственная функция	Энергетическая связь	Практическое значение
Общественно-сервисное ядро с энергетическим блоком	Концентрация управления, обслуживания и общественной активности	Диспетчеризация, накопители, тепловой пункт, резервная генерация	Сокращение трасс, контроль режимов, удобство обслуживания
Жилая модульная группа	Малая единица проживания и соседского взаимодействия	Локальные вводы, учет нагрузки, связь с тепловым контуром	Поэтапное строительство, гибкое заселение, снижение избыточной мощности
Буферная галерея	Защищенный маршрут между жильем и центром	Снижение теплопотерь, использование вторичного тепла	Безопасное перемещение, поддержка общественной активности зимой
Атриум или зимний сад	Компенсация дефицита света и зелени	Тепловая аккумуляция, регулируемое освещение	Психологическая разгрузка, повышение качества внутренней среды
Хозяйственно-сервисный пояс	Складирование, ремонт, сезонная логистика	Размещение инженерных вводов, резервных площадок	Упрощение эксплуатации, снижение нагрузки на жилое ядро
Внешний энергетический контур	Размещение части генерации и защитных сооружений	Ветровые установки, солнечные поля, дизельный резерв при необходимости	Разделение шумных и рискованных функций, сохранение доступа для ремонта

Энергетическая инфраструктура распределена по всем уровням поселения. Наиболее уязвимым решением остается вынос технических узлов в удаленную зону без связи с общественным ядром. Такая схема увеличивает длину сетей, усложняет доступ в плохую погоду и лишает проект возможности использовать техническое тепло для буферных помещений. Более рациональна конфигурация, при которой безопасно разделенные технические помещения входят в ядро поселения и обслуживают его пространственную структуру.

Для внедрения модели требуется последовательный алгоритм, поскольку автономное поселение редко строится одномоментно. Проект зависит от финансирования, завоза материалов, сезонного окна, доступности техники, изменений численности и энергетического спроса. Рисунок 2 отражает порядок действий, который переводит аналитическую модель в управляемый проектный процесс.

Рисунок 2. Алгоритм внедрения архитектурно-энергетической модели автономного поселения

Проектирование автономного поселения следует вести от жизненного цикла. Сначала определяется способность площадки поддержать поселение, затем строится каркас пространственных связей, после этого подбираются энергетические сценарии и архитектурная сборка. Метрики вводятся до окончательного выбора формы, поскольку они позволяют сравнивать варианты по эксплуатационной пригодности: длине наружных инженерных трасс, доле закрытых маршрутов, расстоянию от жилых групп до общественного центра, времени доступа к техническому узлу, запасу площадей под расширение генерации и ремонтопригодности модулей.

Ограничение предложенного подхода состоит в его зависимости от конкретной площадки. Нельзя заранее задать универсальное соотношение ветровой и солнечной генерации, единую форму жилой группы или фиксированный набор буферных помещений. В одном случае доминирует ветровая нагрузка и снегоперенос, в другом решающим фактором становится логистика завоза, в третьем структура поселения зависит от исследовательской, добывающей, портовой или муниципальной функции. Поэтому модель следует использовать как проектный каркас.

Для практики наиболее применимы четыре решения: общественно-энергетическое ядро с диспетчеризацией, тепловым пунктом, сервисными помещениями и общественным центром; жилые группы малой мощности, подключаемые к ядру поэтапно; система буферных маршрутов, где пешеходная связь выполняет климатическую и социальную функцию; резервируемая микросеть, способная работать при изменении нагрузки и постепенном росте поселения. Управление проектом требует раннего участия архитектора, инженера-энергетика, специалиста по мерзлотным грунтам, эксплуатационной организации и представителя заказчика.

В статье определены планировочные принципы автономного поселения Крайнего Севера: компактность, защищенность маршрутов, поэтапное развитие, тепловое зонирование, буферизация и размещение жилых групп вокруг общественно-энергетического ядра. Эти принципы сокращают протяженность сетей, уменьшают климатические риски для перемещений и сохраняют возможность расширения без разрушения исходной структуры. Обоснована связь между жилыми группами, общественными пространствами и энергетическими узлами: энергетическая инфраструктура встроена в ядро поселения, внешние зоны генерации, буферные галереи, тепловые пункты, локальные вводы и систему диспетчеризации. Сформирована прикладная модель внедрения, основанная на паспорте площадки, пространственном каркасе, энергетическом сценарии, архитектурной сборке, метриках эффективности, очередности строительства и эксплуатационной корректировке. Гипотеза подтверждена: автономное поселение Крайнего Севера получает более устойчивую проектную логику при интеграции энергетической инфраструктуры в архитектурно-планировочную модель на ранней стадии проектирования.

Литература

1. Винницкий М. В., Меренков А. В. Актуализация принципов формирования архитектурной среды Крайнего Севера и Арктики // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2024. № 3(62). С. 52-58. DOI: 10.25628/UNIIP.2024.62.3.009.

2. Винницкий М. В., Меренков А. В. Архитектурная среда Севера: проблемы и перспективы // Проект Байкал. 2024. Т. 21, № 82. С. 154-159. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/82.2448.

3. Воличенко О., Огородников С., Абдо И. И. А. Архитектура жилых систем в условиях Крайнего Севера // Проект Байкал. 2024. Т. 21, № 82. С. 145-153. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/82.2447.

4. Меренков А. В., Янковская Ю. С. Средовые комплексы с тепловым зонированием для условий Крайнего Севера и Арктики // Жилищное

строительство. 2024. № 1-2. С. 9-16. DOI: 10.31659/0044-4472-2024-1-2-9-16.

5. Огородников С. Н. Способы повышения энергоэффективности модульных жилых систем в условиях Крайнего Севера // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 3(72). С. 182-195. DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-182-195.

6. Соколова М. А., Романова Е. Н. Формирование архитектурной среды арктических поселений на примере учебного проекта «Поселок» // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 1(66). С. 309-325. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-1-309-325.

7. Соловьев Д., Шилова Л., Гулев С. Проблемы энергообеспечения удаленных территорий Российской Арктики // Проект Байкал. 2023. Т. 20, № 76. С. 60-65. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/76.2147.

8. Abazari T., Potvin A., Demers C. M. H., Gosselin L. An architectural design framework to promote healthy indoor-outdoor connections in Arctic housing // Indoor Environments. 2024. Vol. 1, No. 4. Article 100053. DOI: 10.1016/j.indenv.2024.100053.

9. Ma J., Rizzo A. “Arctic-tecture”: Teaching Sustainable Urban Planning and Architecture for Ordinary Arctic Cities // Urban Planning. 2024. Vol. 9. Article 8298. DOI: 10.17645/up.8298.

10. McKinley P. C., Wilber M., Whitney E. Learning from Arctic Microgrids: Cost and Resiliency Projections for Renewable Energy Expansion with Hydrogen and Battery Storage // Sustainability. 2025. Vol. 17, No. 13. Article 5996. DOI: 10.3390/su17135996.

An Architectural Planning Model of an Autonomous Settlement in the Far North with an Integrated Energy Infrastructure

Mareeva A.A.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines an architectural planning model of an autonomous settlement in the Far North, where energy infrastructure is treated as part of the spatial structure. The relevance of the study is determined by harsh climate conditions, remoteness, transport dependence, high operating costs, and the need for a stable residential environment. The aim is to develop an analytical model suitable for pre-design and conceptual planning. The study uses comparative, typological, morphological, and system-planning methods. The source base covers recent studies on Arctic architecture, residential systems, thermal zoning, energy efficiency, and microgrids. The proposed model combines a compact core, modular residential groups, protected pedestrian links, thermal buffers, distributed generation, reserve capacity, and phased development. The results may be used in pre-design assessment, spatial programming, and comparison of planning scenarios for northern autonomous settlements.

Keywords: autonomous settlement, Far North, Arctic architecture, energy infrastructure, microgrid, thermal zoning, modular development, compact planning, secure utilities, sustainable design.

References

1. Vinnitsky, M. V., Merenkov, A. V.Updating the Principles of Forming the Architectural Environment of the Far North and the Arctic // Academic Bulletin of the UralNIIproekt RAASN. 2024, No. 3(62), pp. 52-58. DOI: 10.25628/UNIIP.2024.62.3.009.
2. Vinnitsky, M. V., Merenkov, A. V. The Architectural Environment of the North: Problems and Prospects // Project Baikal. 2024, Vol. 21, No. 82, pp. 154-159. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/82.2448.
3. Volichenko, O., Ogorodnikov, S., Abdo, I. I. A. Architecture of Residential Systems in the Far North // Project Baikal. 2024. Vol. 21, No. 82. pp. 145-153. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/82.2447.
4. Merenkov, A. V., Yankovskaya, Yu. S. Environmental Complexes with Thermal Zoning for the Far North and Arctic // Housing Construction. 2024. No. 1-2. pp. 9-16. DOI: 10.31659/0044-4472-2024-1-2-9-16.
5. Ogorodnikov, S. N. Methods for Improving the Energy Efficiency of Modular Residential Systems in the Far North // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. No. 3(72). Pp. 182-195. DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-182-195.
6. Sokolova M. A., Romanova E. N. Formation of the Architectural Environment of Arctic Settlements on the Example of the "Village" Study Project // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. No. 1(66). Pp. 309-325. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-1-309-325.
7. Soloviev D., Shilova L., Gulev S. Problems of Energy Supply to Remote Territories of the Russian Arctic // Project Baikal. 2023. Vol. 20, No. 76. Pp. 60-65. DOI: 10.51461/issn.2309-3072/76.2147.
8. Abazari T., Potvin A., Demers C. M. H., Gosselin L. An architectural design framework to promote healthy indoor-outdoor connections in Arctic housing // Indoor Environments. 2024. Vol. 1, No. 4. Article 100053. DOI: 10.1016/j.indenv.2024.100053.
9. Ma J., Rizzo A. “Arctic-tecture”: Teaching Sustainable Urban Planning and Architecture for Ordinary Arctic Cities // Urban Planning. 2024. Vol. 9. Article 8298. DOI: 10.17645/up.8298.
10. McKinley P. C., Wilber M., Whitney E. Learning from Arctic Microgrids: Cost and Resiliency Projections for Renewable Energy Expansion with Hydrogen and Battery Storage // Sustainability. 2025. Vol. 17, No. 13. Article 5996. DOI: 10.3390/su17135996.

Предпосылки формирования архитектурного стиля скандинавских стран в XX веке

Михайлов Иван Владимирович
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, РУДН, 1142240072@rudn.ru,

Манукян Валерий Арамаисович
кандидат архитектуры, доцент РУДН, val.man@mail.ru,

Городова Маргарита Николаевна
кандидат искусствоведения, доцент РУДН, gorodova-mn@rudn.ru

В данной статье рассматриваются архитектурно-образные решения общественных зданий, построенных в странах Северной Европы (Финляндии, Швеции, Норвегии, Дании и Исландии) с конца XIX по конец XX века. Выбранный временной промежуток определен как наиболее яркий период в становлении и закреплении Скандинавской архитектуры в международном сознании. Смена архитектурных стилей в начале XX века в рассматриваемых странах отражала активный поиск национальной идентичности и самоопределение народов в традиционном искусстве и материалах. Этот процесс сопровождался отбором идей на конкурсной основе, критикой и дальнейшей корректировкой. Иное, более упрощенное прочтение классического стиля и логичный переход в модернизм с применением нестандартных решений, вызванных нетипичными для остальной Европы природными условиями, задали особый путь развития Скандинавской архитектуры. В тексте упоминаются проекты, наиболее четко отражающие происходящие изменения, и выделены исследования местных архитекторов-теоретиков, которые заложили прочную основу для определения современного стиля стран Северной Европы на разных уровнях восприятия.

Ключевые слова: скандинавская архитектура, архитектура севера, национальный романтизм, нордический классицизм, модернизм.

Введение

Архитектурный стиль скандинавских стран формировался преимущественно под воздействием исторических, географических, культурных, социальных и экономических факторов, а не индивидуального стиля архитекторов. Несмотря на то, что Норвегия, Швеция и Финляндия были более изолированы, чем Дания от европейской континентальной культуры, в более ранних периодах они также заимствовали образы и приглашали зарубежных архитекторов. Постройки отличались высокой художественной культурой, качеством и использованием современных на то время техник строительства. В начале XX века страны Северной Европы взяли курс на формирование собственного стиля, который подчеркивает национальную идентичность и транслирует определенную идеологию.

Кристиан Норберг-Шульц внес значительный вклад в формирование понятия Genius loci («дух места») и изучение феноменологии архитектуры, работы Юхани Палласмаа сосредоточены на идее мультисенсорности архитектуры. Книги Мариан Доннелли и Уильяма Миллера содержат обширный обзор истории развития скандинавской архитектуры. Лена Вильнер рассмотрела значение природы в скандинавском модернизме. Цветкова П.О., Аксенова З.Л., Кабакчи М.К. и Кристина Кнауфф исследовали период нордического классицизма и его представителей.

Национальный романтизм

Во второй половине XIX века появляются национальные общественные здания театров и музеев, продолжают активно строиться здания университетов, железнодорожных станций, парламента, ратуш, их проекты обладали большой художественной выразительностью. Использовались местные материалы в виде камня (гранита), кирпича, большие затраты потребовали компромисса в покрытии части стен штукатуркой.

В условиях роста национального самосознания народов ряда европейских стран, лишенных государственности, период конца XIX – начала XX века ознаменовался стремлением к обретению политической независимости, что скрыто демонстрировалось помимо культурных и экономических ценностей на международных выставках того времени. На Парижской выставке 1900 года Финский павильон был успешно представлен отдельно от Российской империи, показав принадлежность к скандинавской культуре национальным романтическим стилем [1]. Также отдельно стояли проекты поляков, немцев и прибалтийских народов, настаивавших на расширении правового и институционального пространства «нации». Официальные печатные материалы, прилагавшиеся к павильонам, обеспечивали смысловую целостность воспринимаемого материала и продолжали расходиться после события для более длительного обсуждения, например справочное издание «Заметки о Финляндии» [2]. Финляндия до 1809 года находилась под властью Швеции, затем в составе Российской империи. Но не смотря на постороннее влияние, предоставление широкой автономии позволило укоренению финского самосознания и продвижению в изучении местной истории и культуры. Процветала литература на родном языке, на основе финских и карельских народных традиций написан эпос «Калевала», к которому будут неоднократно отсылаться, финский язык утвердился как основной.

А. Аалто, Л. Сонк, Э. Сааринен, О. Тарьянне, А. Линдгрен, Г. Гезеллиус, братья Юнг, С. Линдквист, У. Нюстрем, С. Фростерус, и др. являются представителями финской архитектурной школы. Их оппозиционное настроение к эклектике архитектуры Европы и классицизму в Финляндии, господствовавших во второй половине XIX века, было вызвано ожиданием обретения суверенитета Финляндским княжеством и желанием возродить национальное самосознание с традициями финской культуры [3]. Школы и ассоциации, поддерживающие развитие местных ремесел, были основаны в Европе еще в 1840-х годах в ответ на угрозу понижения качества массового промышленного производства.

На рубеже XIX-XX веков архитектура стран Северной Европы отошла от историзма, но не отвергла его, в отличии от нео-тенденций акцент сместился на поиск национальной идентичности в народных традициях. Неодинаковые исторические, культурные и географические условия жизни народов находили разные источники, в том числе в возрождении стиля времен расцвета каждой отдельной нации. Преимущественно использовалась норвежская вариация с отсылками к раннесредневековой германской, кельтской архитектурной культуре и эпохе викингов, для нового финского стиля поиски шли в деревянной архитектуре на терри-

тории Карелии, каменной архитектуре шведских оборонительных сооружений и феодальных замках [3]. Также заметно влияние югенстиля, движения искусств и ремесел (Art&crafts), романского стиля американского архитектора Генри Ричардсона. Веяния архитектуры западной Европы не побудили к слепому копированию, а наоборот подтолкнули к развитию своей индивидуальности, что отражалось в поддержке новых идей в конкурсных проектах. В итоге национальный романтизм проявился в разнообразии грубых необработанных форм, основной массы стен из природного камня и кирпича, более простом оформлении окон без рам и орнаментов, массивных дверях и в некоторых случаях колоннах, с ботаническими мотивами (Рисунок 1). Было принято, что представительные общественные здания, такие как театры, музеи, библиотеки, университеты и государственные организации, должны быть оснащены символами национальной идентификации и отличны от интернациональных тенденций [1].

Рисунок 1. Здания в стиле национального романтизма: а). Орхусский театр (1898-1900 г., Дания) [Источник: https://commons.wikimedia.org], б). Национальный музей Хельсинки (1905-1910 г., Финляндия) [Источник: https://animalia-life.club], в). Здание телефонной компании (1903-1905 г.) [Источник: https://en.wikipedia.org], г). Стокгольмская ратуша (1911-1923 г, Швеция) [Источник: https://en.wikipedia.org].

Интерес вызывает конкурсный проект железнодорожного вокзала Хельсинки, выигранный группой архитекторов, но по итогу завершенный одним Элиелем Саариненом, в проекте уже уменьшено использование традиционных финских деталей, но он всё равно выдержан в духе национального романтизма со стенами из гранита и арками в средневековом финском стиле. Проигравший в конкурсе Сигруда Фростерус под влиянием голландских работ Анри ван де Вельде, вместе с Густавом Стренгеллом резко осудили национальный романтизм и призвали к рациональности. После знакомства с венской архитектурной школой и проектом Фростеруса Сааринен внес значительные изменения в проект и реализованный вокзал стал демонстрировать монументальность и рационализм [4].

Нордический классицизм

В поиске национального архитектурного стиля Норвежская ассоциация архитекторов, основанная в 1910 году и состоящая из выпускников, обучавшихся только в Норвегии, обратилась к классическим идеалам, что возвратило греческие колонны и античные орнаменты в моду [5]. Это было время укрепления стран на международной арене, а также возрождения традиций, основанных на архитектуре абсолютизма в классических символах власти шведской и датской монархий. Лишь в 1980-х годах в научном обороте появится точное определение формировавшегося стиля – «Нордический классицизм».

Во время расчистки построек в Помпеях обнаружилось использование ярких цветов в римской архитектуре, исследования Египта и Греции привнесли монументальные формы и явные мотивы архаики. В исследованиях по рационализации построения классической композиции в начале XIX века Ю.Н.Л. Дюран допускал простые адаптированные решения [6]. В результате на практике в XX веке произошло некоторое упрощение классицизма. При разработке проектов учитывались: классическая тектоничность, крупномасштабность, декоративная деталировка, статичность композиции и симметрия. Хоть и ордерная палитра ограничивалась несколькими каноническими образцами, независимость колонн от стены позволяла вносить изменения в колоннаду с сохранением пропорций. Сухой, ясный и рациональный язык этого стиля стал логичным следствием особенностей классицизма XVII-XIX веков в скандинавских странах и продолжением поисков национального романтизма.

Новое прочтение классической архитектуры Палладио и эпохи Возрождения заложило основу для формирования особого языка скандинавской школы, выраженного в проектах Х. Кампманна, Г. Асплунда, С. Леверенца, А. Якобсена, А. Аалто, К. Готтлоба, Р. Остберга и др. В Дании нордический классицизм впервые проявляется в проектах Хака Кампманна, который оставил национальный романтизм и начал воспроизводить визуальные образы архитектуры древнего мира, лишая классические декоративные формы конструктивного значения (Рисунок 2, а) [6]. В часовне Святого Креста на Вудлендском кладбище Гуннара Асплунда также опускается классическая лексика, а монументальность достигается расстоянием между колонн. Тот же прием использован при строительстве Центральной библиотеки в Стокгольме в 1924-1928 годах (Рисунок 2, б), где акцент направлен на соотношение массы объемов, а не детали. Здание в виде куба с цилиндрическим блоком сверху окрашено активным цветом, который еще больше утяжеляет. Ничем не украшенные окна разных форм и размеров уступают декору дверных проемов, при четкости поэтажных планов обилие остекления кажется неоправданным и фасад теряет свою убедительную силу. Боковые фасады Стокгольмского концертного зала (1926) решены подобной композицией окон, но передний фасад украшает колоннада коринфского ордера. На примере офисных и представительных зданий отчётливо виден переход в стиле (Рисунок 2, г), однако неоднородность его прочтений демонстрирует незавершенное определение языка [4].

Рисунок 2. Здания в стиле национального классицизма: а). Главное управление полиции в Копенгагене (1918-1924 г., Дания) [Источник: https://alphapedia.ru], б). Городская публичная библиотека Стокгольма (1924-1932 г., Швеция) [Источник: https://wikimedia.org], в). Ратуша Хаугесунна (1923-1929 г., Норвегия) [Источник: https://en.wikipedia.org], г). Фондовая биржа (1910-1912 г., Финляндия) [Источник: https://www.dp.ru]

Выходившие в 1920-х годах профильные немецкие журналы, представлявшие шведскую архитектуру, в дискурсах в ее сторону часто использовали понятия «простота», «ясность», «упорядоченность и умеренность», отмечали бережливость и качество отделки, обладание «ценным, целенаправленным стремлением к совершенству», а также черту «однородности» в сравнении с немецкими зданиями. Во всем этом авторы-традиционалисты искали подтверждение ценностей классицизма и местных традиций в противовес активному развитию модернизма и мастеров индивидуального стиля в Германии, где в конце XIX века дух перемен критиковал историзм и декоративность. В текстах близкая к Германии Дания отмечается, как образец шведской архитектуры, которую не затронула германизация [7].

Модернизм

Параллельно с неоклассицизмом Ларс Сонк проектирует церкви, демонстрирующие поворот к функционализму и тесную связь с традициями. Его стиль активно менялся с 1900 по 1910 гг. и он отмечал, что отсутствие выраженной традиционной архитектуры способствовало относительно легкому принятию новых идей, которые усердно искались на конкурсной основе [3]. Вероятно, вдохновляясь кирпичными готическими церквями Северной Германии и протестантскими церквями Англии Сонк проектирует Церковь Микаэля Агриколы в Хельсинки (1933-1935 гг.) (Рисунок 3, а) со сплошными стенами из кирпича, в четких формах почти без декора.

Архитекторы, продолжавшие исследовать классические пропорции, наполнение фасадов, а также более простые конструктивные решения, двигались в сторону универсализации и интернационализма, и постепенно пришли к функционализму. Также подталкивала потребность в экономичном строительстве многоэтажных жилых зданий, эстетическое выражение которых достигалось ритмом и пропорциями окон и дверей. Ларс Бакер был одним из первых, кто провозгласил новый стиль Райта, Ле Корбюзье и Миса ван дер Роэ, написав в 1923 году, что «мы будем создавать архитектуру, соответствующую времени, в котором мы живем,

и естественную для материалов, из которых мы строим». Пока в Нидерландах развивался Де-Стиль, во Франции Ар-деко, а в Германии Баухаус, скандинавы разрабатывали модернизм, соответствующий региональному климату, сдерживающего резкое и полное изменение архитектурного стиля. Самые молодые архитекторы, чувствовавшие новую тенденцию, стали знаменитыми модернистами (А. Якобсен, А. Аалто и С. Маркелиус). Получая проекты в разных странах, активно осуществлялся культурный обмен [4,8].

Ярким примером перехода к новому стилю служит конкурсный проект неоклассический библиотеки Алвара Аалто в Выборге (Рисунок 3, б), который с учетом ряда планировочных и фасадных изменений, требуемых членами жюри, превращается в строго функционалистский. Здание получилось архитектурно и технически совершенно, оно обладает невероятно выверенными пропорциями пространств. Была создана настоящая «библиотечная машина» в духе Ле Корбюзье. Дальнейшие проекты Аалто с 1930-х годов выявляли новые конструктивно-технологические возможности [9]. Но можно сказать, что они не были не такими индустриальными в сравнении с зарубежными «стеклянными» зданиями того времени, так как природные условия требовали массу.

Стокгольмская выставка промышленного искусства, ремесел и нового дизайна 1930 года изложила новый международный стиль в Скандинавии так, что он не мог быть отвергнут. Главный архитектор выставки Гуннар Асплунд, зная работы континентальных лидеров функционализма, создал серию широких и узких пространств, используя тонкие металлические опоры и большие площади стеклянных стен [4]. Далее в 1931 году вышел манифест северного модернизма «accepterа», требующий принять функционализм. Но спустя всего одно десятилетие его строгость сменили традиционные материалы и формы, благодаря чему современная архитектура скандинавских стран стала олицетворением государства всеобщего благосостояния. После Второй мировой войны она добилась международного признания за чуткое отношение к месту, как в культурном и материальном, так и в социальном плане [8]. Одним из наиболее ярких и значимых общественных комплексов является гражданский центр в Сайнатсало (1950-1952).

Следующим шагом было смещение акцента с природных условий на четкую пространственную структуру, ясный выбор материалов, экспрессию и интуитивное чувствование. Связь с местом раскрывалась с учетом форм рельефа, точек восприятия, климата и условий жизни. Естественный ландшафт явно превосходил архитектуру. Датские архитекторы Тобиас Фабер и Йорн Утцон говорили о природе как об истинном источнике вдохновения для искусства, который находили в свободе и вариативности индивидуального самовыражения. В стандартизации возможно обратиться к примеру растений, как конструкции из небольших идентичных элементов, которые сочетались в единое целое и демонстрировали богатство разнообразия в пространственном, материальном, формальном и цветовом отношении. Так А. Аалто, Т. Фабер и Й. Утцон использовали формы природы в качестве прототипа и это обозначало отход от классицизма, эклектики, и формального модернизма [10].

С 1950-х годов выразительная сила начинает проявляться в бетоне в период брутализма в постройках различного назначения: музеях кораблей викингов в Роскилле (1968, Дания), Брюггенса в Бергене (1976, Норвегия), церквях Хадльгримскиркья (1945-1986, Исландия), Тромсдален (1966, Норвегия) (Рисунок 3, г) , Калева в Тампере (1966, Финляндия), Датском национальном банке (1971, Дания) и т.д.

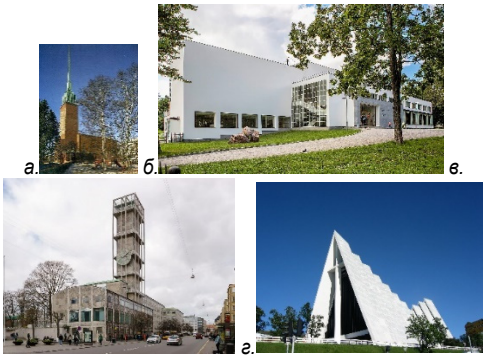


Рисунок 3. Здания в стиле Модернизма: а). Церковь Микаэля Агриколы (1933-1935 г., Финляндия) [Источник: https://www.dp.ru], б). Библиотека Алвара Аалто (1933-1935 г., Россия) [Источник: https://ru.wikipedia.org], в). Ратуша в Орхусе (1942 г., Дания) [Источник: https://www.gpsm□cit□.com], г). Церковь Тромсдален (1966 г., Норвегия) [Источник: https://ru.wikipedia.org].

В 1960-70-х годах шло активное осмысление проектной деятельности. Теоретик финской архитектуры Аулис Бломштедт, вдохновлённый работами Миса ван де Роэ стремился разработать объективную теорию архитектуры, в основе которой лежали простота, строгость и абстракция. Через модульность и пропорциональность, пространственную гармонию и сомасштабность человеку, он в 1961 году разработал «Canon 60». Кристиан Норберг-Шульц в своих исследовательских работах «Intentions in Architecture (1965), Existence, Space and Architecture (1971), Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture (1979) и др., сместил взгляд с аналитических и психологических аспектов на вопрос феноменологии места, применив идеи Мартина Хайдеггера. И пришел к тому, что в архитектурных проектах идентификация места через неизмеримые качественные аспекты дает человеку ощущение присутствия и формирует индивидуальное восприятие. Финский практик и теоретик архитектуры Юхани Палласмаа сосредоточил внимание на идее мультисенсорной архитектуры, переживаемой всеми органами чувств и возвращающей к культурным основам архитектуры. Следовательно, эмпирическое и чувственное взаимодействие с произведением архитектуры и его местом в мире обеспечивает наиболее полное экзистенциальное понимание [8].

Особый подход можно обнаружить в проектах Сверре Фена, отражающих взаимодействие природы и архитектуры, места и материалов. Основное внимание уделялось тектонике выражения, которая проявилась в Норвежском музее ледников (1991), Музее Аукруста в Альвдале (1996) и Центре Аасена в Эрсте (2000). Он неоднократно занимал призовые места на архитектурных конкурсах в Норвегии, но его проекты часто оставались на бумаге, т.к. их считали дорогими и сложными в реализации. Своим реализованным проектом музея Хедмарк (1979) он объединяет фрагменты прошлого, и они становятся настоящим [11].

Ещё несколько особенностей архитектуры стран Северной Европы выражены во взаимодействии со светом. В соответствии с условиями естественного освещения в Скандинавии разработано множество креативных архитектурных форм, которые обеспечивают связь основных пространств здания с небом. Они способны собирать, и распространять скудное освещение, а белый цвет является прямой реакцией на арктический климат и позволяет зданиям и помещениям оставаться освещенными даже в сумраке и хорошо вписываются в зимние пейзажи. С 1980-х годов проекты Арто Сипинена приобретают белый абстрактный цвет и демонстрируют строгий и утончённый модернизм в культурных центрах Иматры (1986), Эспоо (1989) и Куусамо (1996) [8].

Заключение

Скандинавская архитектура в XX веке представила уникальный опыт формирования национальной идентичности в разрез с движущими силами остальной Европы. Использование природных материалов и поиск идей в традиционном искусстве органично переплетался с современными тенденциями, а взаимодействие с местом и природными условиями определили направление исследований в теории архитектуры, которые остаются актуальными и по сей день. Как итог, архитектура стран Северной Европы XX века отличается: преобладанием единого материала фасада, большими процентом сплошной поверхности без включений, грубостью форм, рациональностью фасадных решений относительно плана, контекстуальной восприимчивостью к окружению, рельефу и феноменологии. Модернизм в "северном" прочтении стал отчётливо представлять идеологию всеобщего благосостояния в отличие от стирающей уникальность архитектуры центральной Европы. Скандинавский темперамент редко стремился выделиться из группы или контекста, поэтому архитектура балансирует между интернациональным и индивидуальным (личным самовыражением), инновационным и традиционным, дифференциацией и ассимиляцией.

Литература

1. Pszczółkowski, Michał. National tendency in the architecture of selected countries of the East-Central Europe in the late 19th and the beginning of the 20th century // Journals PAS. – 2015. – P. 41–50.

2. Логвинов, Д. В. Всемирная выставка 1900 года в Париже и финляндский автономистский дискурс рубежа XIX–XX веков // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Общественные науки. – №1(862), 2026. – С. 74–80.

3. Кабакчи, М.К. Ларс Сонк и финская архитектурная школа // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – №159, 2013. – С. 131–142.

4. Marian C. Donnelly, Architecture in the Scandinavian Countries // MIT. – 1992, 414 p.

5. Аксенова, З. Л. К проблеме ордерного неоклассицизма в архитектуре Норвегии на рубеже XIX-XX веков // Инновации и инвестиции. – №10, 2019. – С. 255–258.

6. Цветкова, П.О. Нордический классицизм 1910-1930 годов // Academia. Архитектура и строительство. №1, 2021. – С. 31–39.

7. Knauff, Kristina. Swedish architecture published and discussed in Germany: Reception of Swedish architecture by German traditionalism before 1930 // Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal. – 2023.

8. William C. Miller, Nordic Modernism: Scandinavian Architecture 1890-2017 / William C Miller // The Crowood Press, 2016. – 250 p.

9. Светельникова Т.В. Сквозь годы и войны. Библиотека с трудной судьбой // Библиотечное дело. – СПб: ООО“АгентствоИнформ-Планета”02 (284), 2017. – С. 15–19. – ISSN №1727-4893.

10. Villner, Lena. Nature, nationalism or nostalgia on the concept of nature in Nordic modernism // Nordisk Arkitekturforskning, Vol. 4, 2004. – P. 65–70.

11. Lawrence, Ranald. Sverre Fehn: the Architect Who Built on the Horizon // Cambridge University Press. – Vol. 13, №1, 2009. – P. 11–15.

Background of the architectural style of the Scandinavian countries in the 20th century

Mikhailov I.V., Manukyan V.A., Gorodova M.N.
RUDN

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the architectural and visual solutions of public buildings constructed in the Nordic countries (Finland, Sweden, Norway, Denmark, and Iceland) from the late 19th century to the late 20th century. This time period is chosen as the most significant in the development and establishment of Scandinavian architecture in the international consciousness. The shift in architectural styles in the early 20th century in these countries reflected the active search for national identity and self-determination through traditional art and materials. This process was accompanied by the selection of ideas through competitions, criticism, and subsequent adjustments. The different, more simplified interpretation of classical style and the logical transition to modernism, with the use of unconventional solutions due to the unique natural conditions in Scandinavia, set a distinct path for the development of Scandinavian architecture. The article highlights projects that most clearly reflect these changes and discusses the research conducted by local architects and theorists, which laid a solid foundation for defining the modern style of the Nordic countries at various levels of perception.

Keywords: Scandinavian architecture, northern architecture, national romanticism, Nordic classicism, modernism.

References

1. Pszczółkowski, Michał (2015) National tendency in the architecture of selected countries of the East-Central Europe in the late 19th and the beginning of the 20th century. Journals PAS. – Pp. 41–50.
2. Logvinov, D. V. (2026) Vsemirnaya vystavka 1900 goda v Parizhe i finlyandskij avtonomistskij diskurs rubezha XIX–XX vekov [The 1900 World's Fair in Paris and the Finnish autonomist discourse at the turn of the 19th and 20th centuries] Vestnik MSLU. Social science. – №1(862). – P. 74–80.
3. Kabakchi, M.K. (2013) Lars Sonk i finskaya arkhitekturnaya shkola [Lars Sonck and the Finnish School of Architecture] Izvestiya RGPU im. A. I. Gertsena – №159. – P. 131–142.
4. Marian C. Donnelly, Architecture in the Scandinavian Countries. MIT. – 1992, 414 p.
5. Aksenova, Z. L. (2019) K probleme ordernogo neoklassitsizma v arkhitekture Norvegii na rubezhe XIX-XX vekov [On the problem of order neoclassicism in the architecture of Norway at the turn of the 19th and 20th centuries] Innovatsii i investitsii. – №10. – P. 255–258.
6. Tsvetkova, P.O. (2021) Nordicheskij klassitsizm 1910-1930 godov [Nordic Classicism of the 1910s and 1930s] Academia. Arkhitektura i stroitel′stvo. – № 1. – P. 31–39.
7. Knauff, Kristina (2023). Swedish architecture published and discussed in Germany: Reception of Swedish architecture by German traditionalism before 1930 // Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal.
8. William C. Miller, Nordic Modernism: Scandinavian Architecture 1890-2017 / William C Miller. The Crowood Press, 2016. – 250 p.
9. Svetel′nikova T.V. (2017) Skvoz′ gody i vojny. Biblioteka s trudnoj sud′boj [Through the years and wars. A library with a difficult fate] Bibliotechnoe delo. – №02 (284). – P. 15–19. – ISSN №1727-4893.
10. Villner, Lena (2004) Nature, nationalism or nostalgia on the concept of nature in Nordic modernism. Nordisk Arkitekturforskning. – Vol. 4. – P. 65–70.
11. Lawrence, Ranald (2009) Sverre Fehn: the Architect Who Built on the Horizon. Cambridge University Press. – Vol 13, №1. – P. 11–15.

Формирование пространственных и социальных качеств жилой среды в современной застройке средней этажности

Баженова Елена Сергеевна
кандидат архитектуры, доцент кафедры "Архитектура", заведующий кафедрой «Архитектурная практика», МАРХИ, bazhenova.elena.s@gmail.com,

Мытницкая Марина Леонидовна
магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, marina.mytnitskaja@yandex.ru,

Бондаренко Елизавета Романовна
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, liabond@mail.ru,

Колобякина Анастасия Алексеевна
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, kolobyakina@yandex.ru,

Мазанов Казбек Муратович
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Kazbek.9902@gmail.com

В статье рассматриваются особенности формирования пространственных и социальных качеств жилой среды в современной жилой застройке средней этажности. Проводится анализ трансформации подходов к организации жилых территорий на основе сопоставления советской модели массового жилищного строительства и современной практики. Выявляются основные проблемы, связанные с ростом этажности, повышением плотности и утратой структурированности пространственной среды. На основе анализа научных исследований формулируются ключевые архитектурные принципы, направленные на формирование комфортной и социально ориентированной жилой среды.
Ключевые слова: жилая среда, среднеэтажная застройка, пространственная структура, социальные взаимодействия, микрорайон, жилой квартал, архитектурные принципы, комфортная среда.

Введение

В условиях интенсивного развития городов и роста жилищного строительства особую актуальность приобретает проблема качества жилой среды. Современная жилая застройка формируется преимущественно под влиянием экономических факторов, что приводит к увеличению плотности и этажности зданий, а также к изменению традиционных принципов организации пространства [1].

Исследования показывают, что повышение плотности застройки и изменение морфологии жилой среды оказывают существенное влияние на её пространственные характеристики и условия проживания [10]. При этом ряд авторов отмечает снижение качества повседневной среды и ослабление социальных связей между жителями [2].В связи с этим возрастает интерес к анализу ранее сформированных моделей жилой застройки, в частности советского периода, в рамках которых были реализованы принципы комплексного формирования жилой среды [3]. Несмотря на критику данной модели, отдельные её характеристики сохраняют актуальность в современных условиях.

Проблематика формирования пространственных и социальных качеств жилой среды

Современная практика проектирования жилой застройки характеризуется противоречием между необходимостью повышения плотности и требованиями к качеству среды. Увеличение плотности и этажности жилых зданий приводит к трансформации пространственной структуры жилых территорий и снижению их функциональной и социальной эффективности [10].

Как отмечается в исследованиях, в условиях высокоплотной застройки происходит деградация дворовых пространств и утрата их роли как мест повседневного взаимодействия жителей [5]. Двор перестаёт выполнять функцию полуприватного пространства и становится транзитной или обслуживающей территорией.

Одновременно с этим наблюдается размывание структуры жилой среды и снижение её читаемости. Отсутствие чётко выраженной пространственной организации негативно влияет на восприятие среды и формирование чувства принадлежности к месту [6].

Ряд исследований также указывает на недостаточную эффективность современных планировочных решений, не обеспечивающих формирование устойчивых социальных связей и комфортной среды проживания [14].

Таким образом, возникает необходимость выявления архитектурных принципов, способных обеспечить формирование качественной жилой среды в условиях современной застройки.

Анализ пространственных и социальных качеств жилой среды

Советская модель массового жилищного строительства основывалась на принципах градостроительного модернизма и предполагала комплексный подход к формированию жилой среды [3]. Основной структурной единицей являлся микрорайон, включающий жилые дома и объекты повседневного обслуживания, расположенные в пределах пешеходной доступности.

Одним из ключевых качеств данной модели являлась обеспеченность открытыми пространствами. Разреженное расположение зданий и относительно низкая плотность застройки создавали благоприятные условия для инсоляции, озеленения и организации рекреационных зон [3].

Важным аспектом являлась также среднеэтажность застройки, обеспечивающая соразмерность архитектурной среды человеку и способствующая формированию визуальных и социальных связей между жителями [7].

При этом система комплексного обслуживания населения обеспечивала доступность повседневных функций и формирование устойчивых сценариев жизни [8]. Как отмечают исследователи, подобная организация среды способствовала развитию локальных сообществ и социальной активности [14].

Однако наряду с положительными характеристиками данная модель имела и ряд недостатков. Свободная планировка приводила к размытости пространственной структуры и снижению идентичности среды [3].

Современная жилая застройка формируется в условиях рыночной экономики и ориентирована на максимизацию использования территории. Это приводит к увеличению плотности и трансформации типологии жилой среды [10].

Рисунок 1 – Сравнительная характеристика пространственных и социальных качеств советской микрорайонной и современной застройки.
Источник: разработано автором на основе научных исследований, описывающих характеристику пространственных и социальных качеств советской микрорайонной и современной застройки [2], [5], [7], [9], [10].

Одной из ключевых тенденций является распространение высотной застройки, которая позволяет увеличить выход жилой площади, но негативно влияет на качество среды. В исследованиях отмечается, что повышение этажности сопровождается ухудшением инсоляции, снижением визуального комфорта и формированием избыточно масштабных пространств [5].

Дворовые территории в современных жилых комплексах часто утрачивают свою социальную функцию. Они используются преимущественно как транзитные или хозяйственные зоны, что снижает их значение как мест общения и взаимодействия жителей [2].

Кроме того, современная застройка характеризуется недостаточной структурированностью. Отсутствие чёткой иерархии пространств и функциональной дифференциации приводит к снижению качества среды и ухудшению её восприятия [6].

В то же время ряд исследований указывает на преимущества альтернативных моделей, в частности квартальной застройки, обеспечивающей более чёткую организацию пространства и формирование комфортной среды [9].

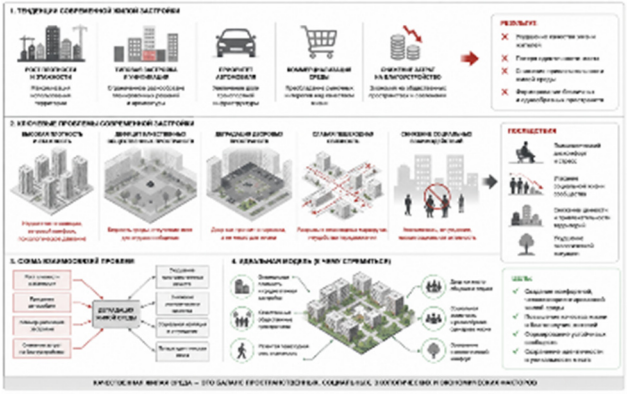


Рисунок 2 – Проблематика формирования пространственных и социальных качеств жилой среды в условиях современной застройки.
Источник: разработано автором на основе научных исследований, описывающих проблематику формирования пространственных и социальных качеств жилой среды в условиях современной застройки [2], [5], [9], [10].

Психологические и социальные аспекты этажности жилой застройки

Исследования в области архитектуры и городской социологии показывают, что этажность жилой застройки оказывает существенное влияние на психологическое состояние человека и характер социальных взаимодействий.

Согласно работам Jan Gehl, качество городской среды напрямую связано с возможностью наблюдения и участия в повседневной жизни [15]. В условиях среднеэтажной застройки сохраняется визуальный контакт между жителями и уличным пространством, что способствует формированию чувства безопасности и вовлечённости.

В высотной застройке, напротив, происходит разрыв между человеком и средой. Жители верхних этажей теряют визуальную связь с уличной жизнью, что снижает уровень неформального социального контроля и приводит к росту чувства изоляции [15].

Исследования Oscar Newman (теория «защищаемого пространства») показывают, что пространственная организация жилой среды напрямую влияет на уровень преступности [16]. В домах средней этажности с чётко структурированными дворовыми пространствами уровень правонарушений ниже за счёт:

a) визуального контроля

b) разделения публичных и приватных зон

c) формирования локальных сообществ

В высотных жилых комплексах, особенно при отсутствии чёткой иерархии пространств, наблюдается противоположный эффект: пространства становятся «ничейными», что снижает уровень ответственности пользователей и способствует росту девиантного поведения [16].

Дополнительные исследования показывают, что жители высотных зданий чаще испытывают стресс, тревожность и чувство анонимности, а также демонстрируют более низкий уровень социальных контактов [17]. Особенно это проявляется у семей с детьми, для которых ограничивается возможность самостоятельного использования дворового пространства.

В то же время среднеэтажная застройка (5–9 этажей) рассматривается как оптимальный тип, обеспечивающий баланс между плотностью и качеством среды, а также поддерживающий формирование устойчивых социальных связей [15].

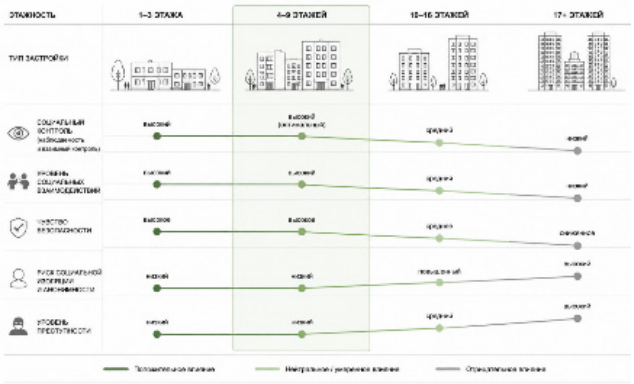


Рисунок 3 – Влияние этажности жилой застройки на социально-психологические характеристики жилой среды.
Источник: разработано автором на основе исследований о влиянии этажности жилой застройки на социально-психологические характеристики жилой среды [15], [16], [17].

Принципы формирования пространственных и социальных качеств жилой среды

На основе проведённого анализа можно сформулировать ряд архитектурных принципов, направленных на повышение качества жилой среды в застройке средней этажности:

a) Принцип соразмерности масштаба

Одним из ключевых факторов формирования комфортной среды является соответствие масштаба застройки восприятию человека. Исследования показывают, что среднеэтажная застройка (5–9 этажей) обеспечивает оптимальный баланс между плотностью и визуальной доступностью пространства [7]. Подобный масштаб способствует поддержанию визуальных контактов между жителями, формированию чувства безопасности и повышению уровня социальной активности.

b) Принцип иерархии пространств

Комфортная жилая среда предполагает наличие чётко выраженной структуры пространств, включающей последовательный переход от общественных к приватным зонам. Наличие такой иерархии способствует формированию сценариев использования пространства и повышает его функциональную определённость [6]. Иерархия пространств позволяет разграничить потоки движения, снизить уровень конфликтов и создать условия для различных форм социальной активности.

c) Принцип формирования дворового пространства

Двор является ключевым элементом жилой среды, обеспечивающим повседневные социальные взаимодействия. В условиях среднеэтажной застройки возможно формирование дворов, обладающих достаточной степенью приватности и одновременно открытых для взаимодействия [2]. Организация дворового пространства должна учитывать его функциональное разнообразие, включая зоны отдыха, детские площадки и пространства для общения.

d) Принцип проницаемости и связности среды

Жилая среда должна обеспечивать удобные пешеходные связи и интеграцию с городской тканью. При этом важно соблюдение баланса между открытостью и защищённостью пространства [1]. Чрезмерная изолированность приводит к замкнутости среды, тогда как избыточная проницаемость снижает уровень приватности и безопасности.

e) Принцип активных первых этажей

Формирование активного уличного фронта является важным условием повышения жизнеспособности жилой среды. Размещение обще-

ственных и коммерческих функций на первых этажах способствует увеличению пешеходной активности и формированию социальной инфраструктуры [2]. При этом важно учитывать контекст и обеспечивать равномерное распределение функций.

f) Принцип интеграции озеленения

Озеленение должно рассматриваться не как декоративный элемент, а как структурная часть жилой среды. Наличие зелёных пространств способствует улучшению экологических характеристик и повышению качества восприятия среды [5].

Заключение

Проведённый анализ показал, что современная жилая застройка сталкивается с рядом проблем, связанных с утратой пространственных и социальных качеств среды. Увеличение плотности и этажности приводит к формированию пространств, не отвечающих потребностям человека в повседневной жизни.

В то же время исследования показывают, что использование принципов, основанных на соразмерности масштаба, структурированности пространства и формировании активной среды, позволяет повысить качество жилой застройки [9; 10].

Сформулированные архитектурные принципы могут быть использованы в проектировании жилой застройки средней этажности и направлены на создание комфортной, социально активной и устойчивой городской среды.

Литература

1. Глазычев, В. Л. Урбанистика / В. Л. Глазычев. – Москва : Европа, 2008. – 400 с.
2. Gehl, J. Cities for People / J. Gehl. – Washington : Island Press, 2010. – 269 p.
3. Крайняя, Н. П. Трансформация градостроительной модели массового жилища 1960–1970-х годов: собственные ценности и глобальные влияния / Н. П. Крайняя // Архитектура и строительство России. – 2013. – № 4. – С. 100–104. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-gradostroitelnoy-modeli-massovogo-zhilischa-1960-1970-h-godov-sobstvennye-tsennosti-i-globalnye-vliyaniya (дата обращения: 16.05.2026).
4. Jacobs, J. The Death and Life of Great American Cities / J. Jacobs. – New York : Random House, 1961. – 458 p.
5. Montgomery, J. Making a City: Urbanity, Vitality and Urban Design / J. Montgomery // Journal of Urban Design. – 1998. – Vol. 3, № 1. – P. 93–116. – URL: https://ia.arch.ethz.ch/wp-content/uploads/2011/10/HS11L2_Montgomery-1998.pdf (дата обращения: 16.05.2026).
6. Lynch, K. The Image of the City / K. Lynch. – Cambridge : MIT Press, 1960. – 194 p.
7. Alexander, C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction / C. Alexander. – New York : Oxford University Press, 1977. – 1171 p.
8. Лисициан, М. В. Архитектурное проектирование жилых зданий / М. В. Лисициан. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 488 с.
9. Волкова, Л. А. Преимущества квартальной застройки в формировании комфортной жилой среды / Л. А. Волкова, Т. В. Литвяк // Градостроительство и архитектура. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 140–147. – URL: https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51438/ru_RU#! (дата обращения: 16.05.2026).
10. Гибадулина, А. Р. Оценка типологического разнообразия жилой среды в российских городах на основе параметров плотности / А. Р. Гибадулина, Н. В. Балухина // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2020. – № 3(46). – С. 95–102. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tipologicheskogo-raznoobraziya-zhiloy-sredy-v-rossiyskih-gorodah-na-osnove-parametrov-plotnosti (дата обращения: 16.05.2026).
11. Лавров, Л. П. «Генетический код» петербургской жилой среды (к 300-летию российских регулярных городских кварталов) / Л. П. Лавров, Е. В. Молоткова, Ф. В. Перов // Academia. Архитектура и строительство. – 2020. – № 2. – С. 100–106. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskiy-kod-peterburgskoy-zhiloy-sredy-k-300-letiyu-rossiyskih-regulyarnyh-gorodskih-kvartalov (дата обращения: 16.05.2026).
12. Малахов, С. А. Историческая среда как прототип новой городской типологии / С. А. Малахов, Ю. К. Бусел // Градостроительство и архитектура. – 2022. – Т. 12. – № 4. – С. 129–141. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50167766 (дата обращения: 16.05.2026).
13. Лейкина, Д. К. Классификация территорий микрорайонов и поселков с малоэтажной (индивидуальной) жилой застройкой / Д. К. Лейкина, О. Ю. Лептюхова // Жилищное строительство. – 2025. – № 2(65). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-territoriy-mikrorayonov-i-poselkov-s-maloetazhnoy-individualnoy-zhiloy-zastroykoy (дата обращения: 16.05.2026).
14. Горячкина, М. В. Казарма-коммуна-коливинг. Развитие жилой среды в районах исторической промышленно-селитебной застройки городов Московской области / М. В. Горячкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 2(128). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kazarma-kommuna-koliving-razvitie-zhiloy-sredy-v-rayonah-istoricheskoy-promyshlenno-selitebnoy-zastroyki-gorodov-moskovskoy-oblasti (дата обращения: 16.05.2026).
15. Гейл, Я. Жизнь между зданиями: использование общественных пространств / Я. Гейл. – Копенгаген: Danish Architectural Press, 2011. – 216 с.
16. Ньюман, О. Защищаемое пространство: предупреждение преступности средствами архитектурного проектирования / О. Ньюман. – Нью-Йорк : Macmillan, 1972. – 264 с.
17. Уайт, У. Х. Социальная жизнь малых городских пространств / У. Х. Уайт. – Нью-Йорк : Project for Public Spaces, 1980. – 125 с.

Formation of spatial and social qualities of the residential environment in contemporary mid-rise housing development

Bazhenova E.S., Mytnitskaya M.L., Bondarenko E.R., Kolobyakina A.A., Mazanov K.M.
National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the formation of spatial and social qualities of the residential environment in contemporary mid-rise housing development. The transformation of approaches to residential planning is analyzed through a comparison between the Soviet model of mass housing and current development practices. Particular attention is paid to the impact of increased density and building height on the quality of the living environment. The study identifies key problems of contemporary residential development, including the loss of spatial hierarchy, degradation of courtyard spaces, and weakening of social interactions among residents. Based on the analysis of theoretical and empirical research, a set of architectural principles is proposed, aimed at improving the quality of the residential environment and fostering socially active and comfortable living conditions. The results of the study can be applied in the design of mid-rise housing developments as an alternative to high-density and high-rise construction.

Keywords: residential environment, mid-rise development, spatial structure, social interaction, housing design, urban environment, architectural principles, courtyard space.

References

1. Glazychev, V. L. Urbanistika [Urban Studies] / V. L. Glazychev. – Moscow : Evropa, 2008.
2. Gehl, J. Cities for People / J. Gehl. – Washington : Island Press, 2010. – 269 p.
3. Kraynyaya, N. P. Transformatsiya gradostroitelnoy modeli massovogo zhilishcha 1960–1970-kh godov: sobstvennye tsennosti i global'nye vliyaniya [Transformation of the Urban Planning Model of Mass Housing of the 1960–1970s: Internal Values and Global Influences] / N. P. Kraynyaya // Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii. – 2013. – No. 4. – P. 100–104: [website]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-gradostroitelnoy-modeli-massovogo-zhilischa-1960-1970-h-godov-sobstvennye-tsennosti-i-globalnye-vliyaniya (accessed: 16.05.2026).
4. Jacobs, J. The Death and Life of Great American Cities / J. Jacobs. – New York : Random House, 1961.
5. Montgomery, J. Making a City: Urbanity, Vitality and Urban Design / J. Montgomery // Journal of Urban Design. – 1998. – Vol. 3, No. 1. – P. 93–116: [website]. – URL: https://ia.arch.ethz.ch/wp-content/uploads/2011/10/HS11L2_Montgomery-1998.pdf (accessed: 16.05.2026).
6. Lynch, K. The Image of the City / K. Lynch. – Cambridge : MIT Press, 1960. – 194 p.
7. Alexander, C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction / C. Alexander. – New York : Oxford University Press, 1977.
8. Lisitsian, M. V. Arkhitekturnoe proektirovanie zhilykh zdaniy [Architectural Design of Residential Buildings] / M. V. Lisitsian. – Moscow : Arkhitektura-S, 2006.
9. Volkova, L. A. Preimushchestva kvartal'noy zastroyki v formirovanii komfortnoy zhiloy sredy [Advantages of Block Development in the Formation of a Comfortable Residential Environment] / L. A. Volkova, T. V. Litvyak // Gradostroitel'stvo i arkhitektura. – 2019. – Vol. 9. – No. 4. – P. 140–147: [website]. – URL: https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51438/ru_RU#! (accessed: 16.05.2026).
10. Gibadulina, A. R. Otsenka tipologicheskogo raznoobraziya zhiloy sredy v rossiyskikh gorodakh na osnove parametrov plotnosti [Assessment of Typological Diversity of Residential Environment in Russian Cities Based on Density Parameters] / A. R. Gibadulina, N. V. Balukhina // Akademicheskiy vestnik UralNIIproekt RAASN. – 2020. – No. 3(46). – P. 95–102: [website]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tipologicheskogo-raznoobraziya-zhiloy-sredy-v-rossiyskih-gorodah-na-osnove-parametrov-plotnosti (accessed: 16.05.2026).
11. Lavrov, L. P. “Geneticheskiy kod” peterburgskoy zhiloy sredy (k 300-letiyu rossiyskikh regulyarnykh gorodskikh kvartalov) [“Genetic Code” of the St. Petersburg Residential Environment (On the 300th Anniversary of Russian Regular Urban Blocks)] / L. P. Lavrov, E. V. Molotkova, F. V. Perov // Academia. Architecture and Construction. – 2020. – No. 2. – P. 100–106: [website]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskiy-kod-peterburgskoy-zhiloy-sredy-k-300-letiyu-rossiyskih-regulyarnyh-gorodskih-kvartalov (accessed: 16.05.2026).
12. Malakhov, S. A. Istoricheskaya sreda kak prototip novoy gorodskoy tipologii [Historical Environment as a Prototype of a New Urban Typology] / S. A. Malakhov, Yu. K. Busel // Gradostroitel'stvo i arkhitektura. – 2022. – Vol. 12. – No. 4. – P. 129–141: [website]. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50167766 (accessed: 16.05.2026).
13. Leykina, D. K. Klassifikatsiya territoriy mikrorayonov i poselkov s maloetazhnoy (individual'noy) zhiloy zastroykoy [Classification of Territories of Microdistricts and Settlements with Low-Rise (Individual) Residential Development] / D. K. Leykina, O. Yu. Leptyukhova // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2025. – No. 2(65)

Интерьеры общественных пространств как динамические системы: принципы адаптации с использованием технологий искусственного интеллекта

Наумова Ксения Борисовна
аспирант, Государственный университет по землеустройству, naumovateam@mail.ru,

Булгакова Елена Александровна
доцент, кандидат архитектуры, Государственный университет по землеустройству

В статье, на примере Национального музея шейха Заеда в Абу-Даби, рассматривается формирование адаптивной пространственной среды с улучшенными характеристиками пользовательского опыта. Общественные интерьеры концептуализируются как динамические системы, функционирующие в условиях вариативной эксплуатационной и пользовательской среды.
Применение технологий искусственного интеллекта обосновывается как необходимое условие замещения статических проектных моделей адаптивными подходами.
Ключевые слова: адаптивные интерьеры, общественные пространства, искусственный интеллект, динамические системы, интерьерная среда, цифровые технологии, культурный туризм, интеллектуальные системы управления, архитектура общественных зданий.

Научная новизна

Новизна исследования состоит в трактовке общественного интерьера как управляемой динамической системы, в которой архитектурные, инженерные и цифровые компоненты совместно изменяют параметры среды в реальном времени на основе анализа поведения пользователей. В отличие от статических моделей обоснована роль ИИ как инструмента перехода от реактивного к предиктивному управлению. Систематизированы принципы адаптации: реактивность, предиктивность, вариативность, интеграция инженерных систем в единую цифровую среду, энергоэффективность и устойчивое функционирование. На этой основе общественный интерьер рассматривается как инструмент оптимизации пользовательских потоков и повышения качества пользовательского опыта.

Введение

Современные тренды развития архитектурной среды свидетельствуют о существенном возрастании функциональной нагрузки на общественные пространства, что обусловлено усложнением поведенческих паттернов и сценариев взаимодействия человека с окружающей средой. Активное использование общественных пространств выдвигает принципиально новые требования к организации архитектурной среды, особенно в контексте культурно-просветительских центров. Музейные пространства представляют собой наиболее показательный пример функциональной многозадачности: в рамках единого интерьера необходимо одновременно решать задачи экспонирования коллекций, обеспечения рациональных маршрутов движения посетителей и поддержания комфортных микроклиматических условий. Взаимное наложение указанных функций порождает устойчивые противоречия, разрешение которых в рамках традиционных проектных методов представляется затруднительным. Классическая проектная парадигма, предполагающая фиксацию пространственных и технических параметров интерьера на предпроектной и проектной стадиях, демонстрирует очевидную методологическую ограниченность в условиях динамично изменяющихся функциональных требований. Статичность архитектурных решений вступает в противоречие с вариативностью реального использования пространства, что неизбежно ведёт к снижению эффективности среды. В этой связи концепция адаптивной архитектуры, основанная на принципе динамического изменения пространственных характеристик под воздействием внешних и внутренних факторов, приобретает особую научную и практическую актуальность как инструмент преодоления указанных ограничений.

Применение технологий искусственного интеллекта обеспечивает переход от реактивных алгоритмов управления к предиктивным моделям: непрерывный сбор и многопараметрический анализ данных о состоянии среды и паттернах поведения пользователей позволяют системе прогнозировать изменения условий и превентивно корректировать параметры пространства. Подобный подход формирует принципиально иной класс интерьерных решений, а именно интегрированные интеллектуальные адаптивные системы, в которых комфорт, энергоэффективность и управляемость достигаются не за счёт последовательного реагирования на отклонения, а посредством опережающей адаптации к прогнозируемым сценариям эксплуатации.

1.1 Интерьеры как динамические системы

С позиций целостного подхода интерьер общественного пространства является открытой системой, находящейся в постоянном обмене со средой и меняющей свои состояния. Её параметры зависят от интенсивности использования, характера поведения пользователей и эксплуатационных режимов. Наличие обратной связи позволяет корректировать характеристики среды в ответ на текущие условия. Архитектурная основа, как правило, остаётся стабильным каркасом, а адаптивность реализуется на уровне инженерных и цифровых подсистем таких как освещение, микроклимат, навигация. Таким образом, интерьер предстаёт как динамическая система, где пространственная структура, инженерия и пользовательские сценарии взаимодействуют, образуя управляемую среду.

1.2 Искусственный интеллект в адаптивной интерьерной среде

Интеграция искусственного интеллекта в системы управления инфраструктурой общественных пространств представляет собой каче-

ственно новый этап развития средовых технологий. Принципиальное отличие ИИ-based решений от традиционных автоматизированных систем состоит в способности к адаптивному обучению на массивах накопленных эксплуатационных данных, что обеспечивает динамическую корректировку параметров функционирования объекта при изменении внешних и внутренних условий. Жёстко запрограммированные алгоритмы управления, широко применявшиеся в предшествующий период, лишены подобной гибкости и не способны адекватно реагировать на непредвиденные изменения режима эксплуатации.

Функциональная архитектура интеллектуальных систем управления базируется на распределённой сенсорной инфраструктуре, осуществляющей непрерывный мониторинг ключевых средовых параметров: уровня освещённости, акустических характеристик помещений, температурно-влажностного режима, а также плотности и динамики посетительских потоков. Совокупность получаемых данных формирует многомерную модель текущего состояния объекта, на основании которой система вырабатывает управляющие воздействия. Именно многоканальность сбора информации позволяет обеспечить согласованное регулирование разнородных инженерных подсистем в рамках единого контура управления. К основным направлениям практического применения данных технологий относятся: регулирование освещения и акустических параметров в соответствии с функциональным назначением зон, поддержание микроклиматического режима, а также анализ пространственного распределения посетительских потоков. Последнее направление приобретает особую значимость для объектов с высокой пропускной способностью. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять устойчивые поведенческие сценарии, идентифицировать потенциальные зоны перегрузки и формировать рекомендации по перераспределению потоков до возникновения критических ситуаций. Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта трансформирует управление средой из реактивного в проактивное, что существенно повышает эффективность эксплуатации сложных многофункциональных объектов.

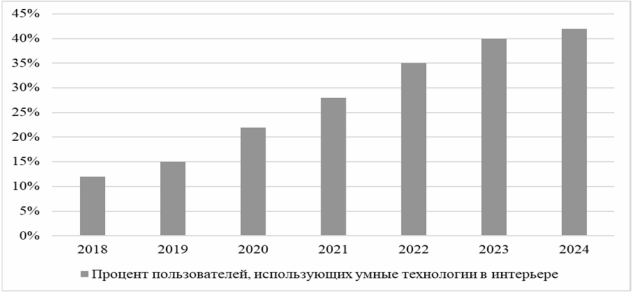


Рисунок 1. Динамика использования интеллектуальных технологий в интерьере (2018 - 2024 гг.)
Источник: составлено по данным Международного научного журнала «Вестник науки», № 3 (84), 2025 г.

Внедрение интеллектуальных технологий в жилую и рабочую среду приобретает характер устойчивой тенденции: динамика роста числа пользователей, интегрирующих «умные» решения в интерьерное пространство (рис. 1), свидетельствует о качественном изменении потребительских предпочтений в направлении адаптивных систем управления. Формируемая в результате цифровая инфраструктура представляет собой интегрированную многоуровневую систему, в которой управление параметрами среды осуществляется на основе непрерывного мониторинга и комплексной обработки данных, поступающих от гетерогенных источников. Ключевым функциональным свойством подобной архитектуры является обеспечение согласованного взаимодействия всех подсистем: климатического контроля, освещения, безопасности, энергопотребления и пр. в рамках единого управляющего контура.

2.1 Национальный музей шейха Заеда в Абу-Даби: кейс-анализ

В качестве примера, хочется выделить Национальный музей шейха Заеда в Абу-Даби, открытый в декабре 2025 года.

Этот проект заслуживает пристального внимания специалистов в области архитектуры и технологий искусственного интеллекта.

Комплекс реализован на пересечении нескольких концептуальных направлений: применения передовых инженерных технологий, соблюдения принципов экологической устойчивости и решения задач сохранения национальной идентичности ОАЭ.

Проектирование данного сооружения было поручено всемирно известному архитектурному бюро Foster + Partners под руководством Нормана Фостера, лауреата Притцкеровской премии, чьи работы неоднократно становились предметом академического изучения в контексте современной архитектурной теории.

Выбор данного объекта в качестве предмета кейс-анализа обусловлен его показательностью с точки зрения взаимодействия архитектурной формы, конструктивных решений и культурного контекста.

Рисунок 2. Национальный музей шейха Заида (Za□ed National Museum),
Источник: фото опубликовано в журнале «ИНТЕРЬЕР+ДИЗАЙН», 5.12.2025 г.

2.2 Архитектурно-пространственная концепция

Композиционной доминантой сооружения выступают пять стальных конструктивных элементов, достигающих высоты 123 метров, морфология которых восходит к образу сокола, символу традиционной соколиной охоты.

Помимо знаковой силуэтной функции, данные элементы интегрированы в пассивную систему климатического регулирования здания: действуя по принципу тепловых вытяжных башен, они обеспечивают отвод нагретого воздуха из центрального атриума. Основной объём музея размещён в теле искусственного земляного холма, что обусловливает эффективную термоизоляцию и минимизацию солнечной радиационной нагрузки на ограждающие конструкции.

2.3 Интерьер как управляемая среда

Центральным элементом служит атриум «Аль-Ливан», выполняющий функции коммуникационного узла и рекреационного пространства. Шесть постоянных экспозиционных залов частично размещены в консольных капсульных объёмах, зависающих над атриумом: четыре из них реализованы по данной схеме, что обеспечивает нормированный микроклимат, необходимый для долгосрочной сохранности музейных предметов. Светопрозрачные конструкции башен и купольных элементов капсул формируют интегрированную систему естественного освещения, включающую многослойные ламинированные стеклопакеты и электрохромные зенитные фонари. Указанные компоненты осуществляют динамическую корректировку светопропускания и степени прозрачности ограждений в зависимости от текущих внешних условий, что позволяет дифференцированно регулировать инсоляционный режим в каждом выставочном зале и минимизировать деструктивное световое воздействие на экспонаты.

2.4 Сценарии адаптации пространства

Адаптивность заложена в архитектурной концепции здания на уровне структурных элементов: башенные «крылья» допускают независимую настройку параметров теплового режима и естественного освещения. Вариативность экспозиционной организации обеспечивается за счёт нелинейной маршрутной логики, при которой интермедиальные пространства между галереями выполняют функцию контекстуальной интерпретации.

Внедрение цифровых инструментов, таких как мобильные приложения и мультимедийные навигационные системы, формирует инфраструктурную основу для персонализации посетительского опыта и регуляции антропогенной нагрузки на экспозиционные зоны.

2.5 Влияние на пользовательский опыт

Принципы устойчивости и технологических инноваций находят своё выражение в архитектурных решениях музейного здания.

Бюро Foster + Partners реализовало концепцию, в которой конструктивные элементы, символическая образность и интеллектуальные системы регулирования микроклимата образуют единую архитектурно-экспозиционную систему, функционально обеспечивающую сохранность артефактов и одновременно формирующую насыщенную познавательную среду для посетителей.

3.1 Принципы ИИ-адаптации интерьерного пространства

Анализ теоретических и эмпирических источников позволяет систематизировать ключевые принципы адаптивного управления интерьерной средой.

1. Реактивно-предиктивное управление.

Система осуществляет двойственную функцию: оперативное реагирование на актуальные изменения пользовательской активности и параметров среды, а также упреждающую настройку конфигурации пространства на основе статистических паттернов накопленных данных.

2. Контекстуальная вариативность.

Функциональные режимы пространства детерминированы совокупностью факторов: интенсивностью потоков, назначением зоны и характером протекающих процессов. Данный принцип обеспечивает операциональную гибкость при неизменности архитектурно-планировочного решения.

3. Системная конвергенция.

Эффективность адаптации достигается с помощью управляемого взаимодействия систем освещения, акустики, климатического контроля и информационных интерфейсов, функционирующих как единый комплекс.

4. Энергоэффективность и устойчивое функционирование.

Адаптация управляющих параметров к фактической нагрузке обеспечивает сокращение непроизводительных энергозатрат при сохранении требуемых условий эксплуатации.

Заключение

Анализ современных практик проектирования общественных пространств свидетельствует о формировании устойчивой тенденции к их трансформации в адаптивные системы, функционирование которых детерминировано поведенческими паттернами пользователей и совокупностью эксплуатационных параметров. Применение инструментов искусственного интеллекта принципиально меняет логику управления подобными объектами: на смену статичным регламентам приходят модели, опирающиеся на непрерывный анализ данных в режиме реального времени. Случай Национального музея шейха Заеда в Абу-Даби показателен в том отношении, что заложенные на стадии проектирования архитектурно-инженерные решения формируют инфраструктурные предпосылки для последующей интеграции интеллектуальных технологий, существенно расширяющих возможности регулирования микроклимата и оптимизации посетительских потоков.

Рассмотренные принципы адаптации утверждают концепцию интерьера как управляемой системы, в которой конвергенция архитектурных, инженерных и цифровых компонентов определяет пространственную устойчивость и повышает качество пользовательского опыта. Перспективы дальнейшего развития данной практики определяются степенью интеграции интеллектуальных систем в проектные и эксплуатационные процессы.

Литература

1. World Tourism Organization. Sustainable Tourism. URL: https://www.unwto.org/sustainable-development (дата обращения: 09.05.2026).
2. Picon A. Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions. Basel: Birkhäuser, 2010.
3. Kolarevic B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York: Taylor & Francis, 2003.
4. Carpo M. The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 2017.
5. Negroponte N. The Architecture Machine: Toward a More Human Environment. Cambridge, MA: MIT Press, 1970.
6. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. Hoboken: Wiley, 2018.
7. Gössling S., Peeters P. Assessing tourism's global environmental impact 1900–2050 // Journal of Sustainable Tourism. 2015. Vol. 23 (5). P. 639–659.
8. Candia S., Pirlone F. Tourism environmental impacts assessment to guide public authorities towards sustainable choices // Sustainability. 2022. Vol. 14(1).
9. Международный научный журнал «Вестник науки». Технологии умного дома и их влияние на современный интерьер. 2025. № 3 (84).
10. Wang A., Dong J., Lee L.H., Shen J., Hui P. Towards AI-Architecture: A Comprehensive Survey on Design and Generation of Virtual Architecture by Deep Learning // arXiv. 2023.
11. Ploennigs J., Berger M. AI Art in Architecture: Exploring Diffusion Models in Architectural Design // arXiv. 2022.
12. Phil Bernstein: Machine Learning Architecture in the Age of Artificial Intelligence // RIBA Publishing. 2025
13. Официальный сайт Национального музея Зайда в Абу-Даби URL: https://zayednationalmuseum.ae/en/ (дата обращения: 09.05.2026).

Public interiors as dynamic systems: principles of adaptation using artificial intelligence technologies

Naumova K.B., Bulgakova E.A.
The State University of Land Use Planning (SULUP)

JEL classification: L61, L74, R53

Using the example of the Sheikh Zayed National Museum in Abu Dhabi, the article examines the formation of an adaptive spatial environment with improved user experience characteristics. Public interiors are conceptualized as dynamic systems operating in a variable operational and user environment.

The use of artificial intelligence technologies is justified as a necessary condition for replacing static design models with adaptive approaches.

Public interiors are conceptualized as dynamic systems operating within a variable operational and user environment.

The use of artificial intelligence technologies is justified as a necessary condition for replacing static design models with adaptive approaches.

Keywords: adaptive interiors, public spaces, artificial intelligence, dynamic systems, interior environment, digital technologies, cultural tourism, intelligent control systems, architecture of public buildings.

References

1. World Tourism Organization. Sustainable Tourism. URL: https://www.unwto.org/sustainable-development (accessed 05/09/2026).
2. Picon A. Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions. Basel: Birkhäuser, 2010.
3. Kolarevich B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York: Taylor & Francis, 2003.
4. Carpo M. The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence. Cambridge, MA: MIT Press, 2017.
5. Negroponte N. The Architecture Machine: Toward a More Human Environment. Cambridge, MA: MIT Press, 1970.
6. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. Hoboken: Wiley, 2018.
7. Gössling S., Peeters P. Assessing tourism's global environmental impact 1900–2050 // Journal of Sustainable Tourism. 2015. Vol. 23 (5). P. 639–659.
8. Candia S., Pirlone F. Tourism environmental impacts assessment to guide public authorities towards sustainable choices // Sustainability. 2022. Vol. 14 (1).
9. International scientific journal "Bulletin of Science". Smart home technologies and their impact on the modern interior. 2025. No. 3 (84).
10. Wang A., Dong J., Lee L.H., Shen J., Hui P. Towards AI-Architecture: A Comprehensive Survey on Design and Generation of Virtual Architecture by Deep Learning // arXiv. 2023.
11. Ploennigs J., Berger M. AI Art in Architecture: Exploring Diffusion Models in Architectural Design // arXiv. 2022.
12. Phil Bernstein: Machine Learning Architecture in the Age of Artificial Intelligence // RIBA Publishing. 2025
13. Official website of the Zayed National Museum in Abu Dhabi URL: https://zayednationalmuseum.ae/en/ (date of access: 09.05.2026).

Архитектурные особенности кирпичных объектов культурного наследия Оренбурга

Гурьева Виктория Александровна
д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства, ОГУ, victoria-gurieva@rambler.ru,

Блинкова Юлия Владимировна
канд. архитектуры, доцент кафедры архитектуры, ОГУ,

Одинцов Александр Романович
аспирант, ОГУ, sashasasha0303@mail.ru

В статье рассматриваются архитектурные, конструктивные и декоративные особенности кирпичных объектов культурного наследия Оренбурга, формировавшихся в период с XVIII по начало XX века. На основе историко-архитектурного анализа выявлены региональные черты, отличающие оренбургскую кирпичную застройку от памятников центральной России. Описаны этапы развития каменного строительства: от оборонительных сооружений Оренбургской крепости до расцвета «кирпичного стиля» в эпоху капиталистического бума (1870–1900-е гг.). Охарактеризованы основные приёмы декоративной кирпичной кладки (фигурная кладка, полихромия, использование фасонного кирпича, восточные мотивы). Проанализированы системные проблемы сохранения кирпичного наследия (физический износ, неблагоприятные климатические и техногенные воздействия, неквалифицированные ремонты). Предложены первоочередные меры по сохранению уникальной кирпичной архитектуры Оренбурга, включая комплексное обследование, разработку региональных нормативных рекомендаций и создание производства аутентичных реставрационных материалов.

Ключевые слова: Кирпичная архитектура, объекты культурного наследия, Оренбург, кирпичный стиль, историческая кирпичная кладка, декоративная кладка, фасонный кирпич.

Введение

Исторические кирпичные здания составляют основу идентичности исторических городов Оренбургской области, формируя уникальный архитектурный ландшафт, сложившийся на стыке европейской и азиатской культур. В условиях нарастающего физического износа и зачастую некорректной реставрации, ведущей к утрате аутентичности, комплексное исследование их архитектурно-конструктивных особенностей становится не только практической, но и научнойся задачей. Выявление региональной специфики конструкций, материалов и декора является необходимым фундаментом для разработки научно-обоснованных методов сохранения этого наследия. Цель работы заключается в комплексном рассмотрении архитектурных, декоративных и конструктивных аспектов кирпичного зодчества региона в их взаимосвязи, для выявления региональных черт, отличающих оренбургскую постройку от памятников центральной России.

Формирование исторической кирпичной застройки на территории современной Оренбургской области представляет собой сложный процесс, обусловленный геополитическими, экономическими и культурными факторами. Архитектурное наследие региона неразрывно связано с его уникальной историей как пограничного форпоста Российской империи, центра трансконтинентальной торговли между Европой и Азией и, позднее, крупной губернии на Южном Урале [1].

Отправной точкой для каменного строительства стало основание Оренбурга как крепости в 1743 году. И.И. Неплюев, как глава Оренбургской комиссии, а затем и другие специалисты - военные инженеры, направляемые из столицы, заложили основы строительной культуры города. Их первоочередной задачей было возведение оборонительных сооружений – крепостных стен, бастионов и ворот. Поэтому первые кирпичные постройки носили сугубо утилитарный характер: арсеналы, цейхгаузы (склады), провиантские магазины, казармы. Их архитектура отличалась строгостью, монументальностью и следованием образцам петровского и аннинского барокко, адаптированным под нужды фортификации [2]. Важно отметить, что эти ранние сооружения, многие из которых не сохранились, задали высокий стандарт качества кладки и закрепили практику использования местных ресурсов, прежде всего глин, для производства кирпича [2]. Даже строительство Гостиного двора (ныне сохранившегося частично) по проекту И.В. Мюллера, хоть и было гражданским предприятием, также носило отпечаток регулярности и монументальности, свойственный казенным постройкам того времени [3] (окна выходили внутрь двора, на манер восточных караван-сараев, с целью усиления оборонительных качеств здания).

После упразднения крепостного статуса (1862 г.) и с развитием торговых путей, особенно после проведения железной дороги, Оренбург переживает экономический бум. Это стимулировало взрывной рост гражданского строительства. В рамках развивающегося в Российской империи капитализма в городе появляется сеть кирпичных заводов, многие из которых принадлежали купцам-строителям (например, заводы Зарывнова, Путолова). Качество местного кирпича, благодаря качественному сырью, достигло высокого уровня, что позволило отказаться от дорогостоящей штукатурки фасадов и активно развивать такой стиль как рациональное направление эклектики («кирпичный стиль») [4] Таким образом, кирпич стал не только конструкционным, но и главным декоративным материалом. Поэтому в этом стиле строятся различные по типологии здания, такие как банки, торговые ряды, учебные заведения, больницы, храмы и крупные купеческие особняки [5], а период с 1870-е – 1900-е года становится наивысшим расцветом для массового распространения кирпичной архитектуры, напрямую связанным с экономическим бумом и развитием местного производства качественного лицевого кирпича [5] (рис. 1).

Рис. 1 Дом купца на улице Советской

Период с 1870-е – 1900-е года является наивысшим расцветом и массового распространения кирпичной архитектуры, напрямую связанным с экономическим бумом и развитием местного производства качественного лицевого кирпича [5]. Разнообразие архитектурного убранства создавалось за счет разнообразных приемов кладки и использования фасонного кирпича Он активно использовался для создания сложных профилей без трудоемкой тески. Например, из него выполнены карнизы многорядные, с поясками, «сухариками» и консолями на здании Оренбургского училища (рис. 2), ул. Советская, д.7.

Получили распространение рифленая и рельефная кладка: для создания фактурных поверхностей использовался кирпич с фаской (скошенной гранью) или специальным рельефом. Этот прием применен, например, в отделке особняка на ул. Яицкая, 1 (рис. 3). Кроме него получили распространение филенки и ширинки – заглубленные или обрамленные поля на плоскости стены, часто заполненные более сложным узором [6]. Прекрасный образец – фасад здания бывшего Азовско-Донского банка (ул. Советская, 20).

Рис. 2 Оренбургское училище

Рис. 3 ул. Яицкая, 1

В декоре некоторых зданий данного периода иногда прочитываются восточные мотивы в виде стрельчатых арок или специфического орнамента в кирпичной кладке, особенно в зданиях, связанных с торговлей и мусульманской общиной [7], что напрямую связано с пограничным положением Оренбургской губернии между Европой и Азией. (рис. 4, 5). Полихромная кладка - особая черта оренбургской архитектуры – активное использование желтого (песчаного) и красного кирпича в одном фасаде для создания контрастных горизонтальных поясов, обрамления окон или геометрических узоров (например, здание бывшего Оренбургского общественного собрания). Яркий пример – фасад доходного дома Постникова, расположенного по адресу: г. Оренбург, ул. Советская, 32, где желтый кирпич образует горизонтальные полосы и обрамляет оконные проемы на фоне красной стены.

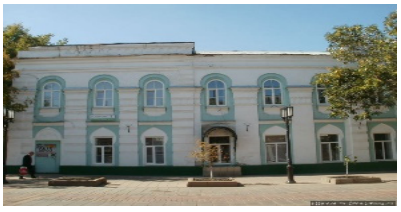


Рис. 4 Русско-киргизская школа

Несмотря на распространение к концу XIX века более современных материалов (таких как железобетон), традиционные строительные приемы в оренбургской архитектуре сохраняли актуальность. Например, в основе конструкций зданий Оренбурга данного периода лежала массивная стена из полнотелого керамического кирпича местного производства на известковом растворе. Растворы на основе местной извести часто содержали добавки для цвета или пластичности (например, глина, угольная пыль), что сегодня влияет на их прочностные характеристики и требует специального анализа при реставрации.

Кроме этого, широко применялись сводчатые перекрытия, даже в гражданских зданиях конца XIX века, для подвалов и первых этажей. В торговых рядах (например, в корпусах Гостиного двора) использованы коробовые своды, в культовых зданиях – крестовые. Это демонстрирует преемственность от ранней военно-инженерной практики [3]. (рис. 6).

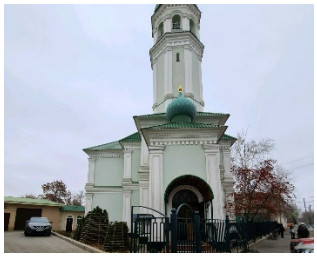


Рис. 5 мечеть Хусаиния

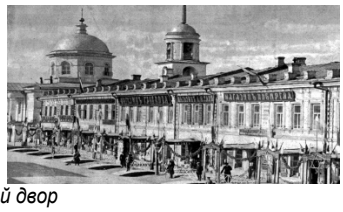


Рис. 6 Гостиный двор

Перемычки оконных и дверных проемов выполнялись почти исключительно в виде кирпичных арок (лучковых, полуциркульных, стрельчатых), что обеспечивало прочность и экономию древесины. Клинчатые арки с выразительным замковым камнем стали характерной деталью фасадов.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что кирпичные постройки Оренбурга отличаются рядом архитектурных особенностей, которые являются уникальными для исторической застройки городов России. Их сохранение является комплексной проблемой, находящейся на стыке градостроительной политики, технических наук и экономики.

Анализ текущей ситуации, основанный на данных натурных обследований и современных исследованиях, позволяет выявить системные угрозы и наметить первоочередные меры по спасению уникального архитектурного наследия [8].

Физический износ памятников усугубляется совокупностью естественных и антропогенных факторов:

1. Природно-климатические воздействия: резко континентальный климат со значительными сезонными и суточными перепадами температур, циклы замораживания-оттаивания приводят к прогрессирующему выветриванию и расслоению кирпича, утрате связующей способности известковых растворов [9]. Результаты обследований и исследований с применением современных методов и оборудования фиксируют критическое снижение прочности исторического кирпича на многих объектах рядовой застройки [10].

2. Антропогенные и техногенные воздействия: повышенный уровень вибрации от интенсивного транспортного потока, агрессивная автотранспортная и промышленная экология (соли, выхлопные газы) ускоряют процессы коррозии материалов. Непродуманное благоустройство с применением противогололедных реагентов и изменением уровня ливневых стоков ведет к капиллярному подсосу влаги в нижние части стен – наиболее уязвимую зону, что провоцирует выщелачивание раствора и сульфатную коррозию кладки [11].

3. Проблемы эксплуатации и «ремонты»: наиболее разрушительными являются неквалифицированные вмешательства, грубо нарушающие аутентичность и физику исторической кладки. К ним относятся:

- Замена исторических деревянных оконных заполнений на пластиковые, не соответствующие по размеру, рисунку переплетов и глубине посадки, что нарушает тепло-влажностный режим стены и ведет к локальному промерзанию [12].
- Зачеканка швов жесткими цементными растворами, которые, в отличие от эластичных известковых, не позволяют кладке «дышать» и провоцируют скалывание краев кирпича из-за разницы модулей упругости.
- Неадекватное утепление и облицовка фасадов (сайдинг, штукатурка по утеплителю), скрывающие первоначальный кирпичный декор и ведущие к биоповреждениям из-за нарушения влажностного режима. Примером утраты аутентичного облика может служить здание на ул. Пролетарской, 24, где богатый кирпичный декор был скрыт под слоем штукатурки.

Среди негативных тенденций есть и островки позитивной практики. Успешной можно считать научную реставрацию с воссозданием утраченных элементов на основе архивных материалов. Данные мероприятия частично выполнены при реставрации Гостиного двора, где были восстановлены первоначальные формы некоторых проемов и элементы декора [3].

В то же время, утраты продолжаются: снос исторических зданий под новое строительство (например, разрушение домов по ул. 9 Января), аварийное состояние многих объектов, не стоящих в списке охраняемых - рядовая историческая застройка и др., что ведет к невосполнимому обеднению исторической среды [8].

Таким образом, исторические кирпичные здания Оренбуржья, представляющие собой ценный источник информации о строительной культуре, эстетических предпочтениях и экономической составляющей строительства [8], требуют в настоящее время проведения комплекса мероприятий, таких как:

1. Комплексное обследование и мониторинг: создание детальных электронных паспортов объектов (BIM-моделей), включающих не только архитектурные обмеры, но и данные о составе кирпича и растворa, характере деформаций, что является основой для проектирования реставрации [10].

2. Развитие местных реставрационных производств: ключевой проблемой остается отсутствие производства аутентичных материалов – лицевого и фасонного кирпича ручной формовки, соответствующих историческим аналогам по цвету, фактуре и формату, а также воздушной извести для растворов [5, 11].

3. Разработку региональных нормативно-методических рекомендаций по реставрации именно кирпичных фасадов, учитывающих местные климатические и историко-строительные особенности, включая рецептуры реставрационных растворов [13].

4. Исследование и разработку материалов, технологии для осуществления реставрационных работ [13].

5. Придание зданиям статуса памятников культурного наследия и активизация механизмов данного процесса: выявление и постановка на охрану ценных объектов рядовой исторической застройки, активное использование механизмов льготной аренды или налоговых льгот для частных инвесторов, готовых финансировать затраты на реставрацию, как того требует современная градозащитная программа.

Вывод: кирпичная архитектура города Оренбурга, являясь результатом синтеза общероссийских тенденций и местной специфики [14], заслуживает не только тщательного изучения, но и незамедлительных мер по консервации и научной реставрации. Дальнейшие исследования особенностей структуры, химического и вещественного составов материалов, применяемых исторически для кладки зданий из кирпича, окажут продуктивное влияние на разработку материалов и методик проведения реставрационных работ [15], а также на разработку цифровых кадастров, что станет надежной основой для сохранения этого уникального наследия для будущих поколений.

Литература

1. Дорофеев. В.В. Над Уралом-рекой. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1988. – 156 с.
2. Витевский В.Н. И.И. Неплюев и Оренбургский край в прежнем его составе до 1758 г. – Казань: Типография Императорского университета, 1897. – Т. 1-3.
3. Семёнов, В.Г., Гостиный двор в Оренбурге: История строительства и архитектура /В.Г. Семёнов, М.Н.Семёнова //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2 (52). – С. 236–239.
4. Климова, Ю. В. Архитектура реального училища города Оренбурга/ Ю. В. Климова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф., Оренбург, 26-27 янв. 2023 г. / Оренбург. гос. ун-т ; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург: ОГУ,2023. - С. 2680-2683. - 6 с.
5. Лютов, С.В., К вопросу о развитии «кирпичного стиля» в застройке Оренбурга второй половины XIX – начала XX века // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 2. – С. 36–41.
6. Барановский, Г.В. Архитектурная энциклопедия второй половины XIX века. Том VII: Города, селения, здания. – СПб.: Типография Стойковой, 1904. – С. 399-400.
7. Самигулов, Г.Х. От Ногайской Орды до Оренбургской губернии (этнокультурные процессы на Южном Урале с XVI по XIX вв.). – Уфа: ЦЭИ УФИЦ РАН, 2020. – 228 с.
8. Федорова, А.С., Историческая застройка Оренбургской области: проблемы сохранения и актуализации // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. – Т. 17, № 2. – С. 102–111.
9. Грановский. А.ВВлияние климатических факторов на долговечность исторической кирпичной кладки в условиях Южного Урала // Строительные материалы. – 2020. – № 8. – С. 68–73.
10. Отчет о натурном обследовании объектов культурного наследия г. Оренбурга / Под ред. С.В. Лютова. – Оренбург: ОГУ, 2022. – 145 с.
11. Маркова, И.Ю. Традиционные строительные растворы в памятниках архитектуры Поволжья и Урала: состав, свойства, реставрация. – Казань: Изд-во Казан. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. – 167 с.
12. СП 399.1325800.2018 Комплексная реконструкция и капитальный ремонт зданий. Правила производства работ при сохранении объектов культурного наследия. – М.: ФАУ «ФЦС», 2018. – 87 с.
13. Одинцов, А. Р. Реставрация кирпичной кладки на объектах культурного наследия Оренбурга / А. Р. Одинцов, Ю. В. Климова // Жилищное строительство, 2024. - № 3. - С. 66-70. - 5 с.
14. Климова, Ю. В. Моделирование социоэкосистем: философско-методологические аспекты : диссертация на соискание ученой степени кандидата философских наук : 09.00.08 / Климова Юлия Владимировна. – Москва, 2000. – 118 с.
15. Гурьева, В.А. Разработка и апробация инъекционного раствора для реставрации объектов культурного наследия/ В.А. Гурьева, А.Р. Одинцов // Сборник науч. статей межд. научн. форума «Научный диалог: теория и практика». – Москва: ООО «Инфинити». - 2025. – С 158-162

Architectural Features of Brick Cultural Heritage Sites in Orenburg

Guryeva V.A., Blinkova Yu.V., Odintsov A.R.
OSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the architectural, structural, and decorative features of brick cultural heritage sites in Orenburg, formed between the 18th and early 20th centuries. Based on historical and architectural analysis, regional characteristics that distinguish Orenburg brick buildings from monuments in central Russia are identified. The stages of stone construction development are described: from the defensive structures of the Orenburg fortress to the flourishing of the "brick style" during the capitalist boom (1870s–1900s). The main techniques of decorative brickwork (figured masonry, polychromy, use of shaped bricks, oriental motifs) are characterised. Systematic problems of brick heritage preservation (physical deterioration, adverse climatic and technogenic impacts, unqualified repairs) are analysed. Priority measures for preserving the unique brick architecture of Orenburg are proposed, including comprehensive surveying, development of regional regulatory recommendations, and creation of authentic restoration materials production.

Keywords: Brick architecture, cultural heritage sites, Orenburg, brick style, historical brickwork, decorative brickwork, shaped brick.

References

1. Dorofeev, V.V. *Above the Ural River*. – Chelyabinsk: South Ural Book Publishing House, 1988. – 156 p.
2. Vitevsky, V.N. *I.I. Neplyuev and the Orenburg Region in its Former Composition until 1758*. – Kazan: Imperial University Printing House, 1897. – Vol. 1-3.
3. Semyonov, V.G., Semyonova, M.N. Gostiny Dvor in Orenburg: History of Construction and Architecture. *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*. – 2015. – No. 2 (52). – P. 236–239.
4. Klimova, Yu.V. Architecture of the Realschule in Orenburg. In: *University Complex as a Regional Centre for Education, Science and Culture: Proceedings of the All-Russian Scientific and Methodological Conference (Orenburg, 26-27 Jan. 2023)*. Orenburg State University, ed. by A.V. Pykhtin. – Orenburg: OSU, 2023. – P. 2680-2683. – 6 p.
5. Lyutov, S.V. On the Development of the "Brick Style" in the Buildings of Orenburg in the Second Half of the 19th – Early 20th Centuries. *Academic Bulletin of UralNIIproekt RAACS*. – 2017. – No. 2. – P. 36–41.
6. Baranovsky, G.V. *Architectural Encyclopedia of the Second Half of the 19th Century. Vol. VII: Towns, Villages, Buildings*. – St. Petersburg: Stoykova Printing House, 1904. – P. 399-400.
7. Samigulov, G.Kh. *From the Nogai Horde to the Orenburg Governorate (Ethnocultural Processes in the Southern Urals from the 16th to the 19th Centuries)*. – Ufa: Institute of Ethnological Studies, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, 2020. – 228 p.
8. Fedorova, A.S. Historical Buildings of the Orenburg Region: Problems of Preservation and Updating. *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2021. – Vol. 17, No. 2. – P. 102–111.
9. Granovsky, A.V. Influence of Climatic Factors on the Durability of Historic Brick Masonry in the Southern Urals. *Construction Materials*. – 2020. – No. 8. – P. 68–73.
10. *Report on the Field Survey of Cultural Heritage Sites in Orenburg* / ed. by S.V. Lyutov. – Orenburg: Orenburg State University, 2022. – 145 p.
11. Markova, I.Yu. *Traditional Building Mortars in Architectural Monuments of the Volga and Urals Regions: Composition, Properties, Restoration*. – Kazan: Kazan State University of Architecture and Civil Engineering Publishing House, 2019. – 167 p.
12. *SP 399.1325800.2018 Integrated Reconstruction and Major Repair of Buildings. Rules for the Execution of Works during the Preservation of Cultural Heritage Sites*. – Moscow: FAU "FCS", 2018. – 87 p.
13. Odintsov, A.R., Klimova, Yu.V. Restoration of Brick Masonry in Cultural Heritage Sites of Orenburg. *Housing Construction*. – 2024. – No. 3. – P. 66-70. – 5 p.
14. Klimova, Yu.V. *Modelling Socio-Ecosystems: Philosophical and Methodological Aspects*: Dissertation for the Degree of Candidate of Philosophical Sciences, Specialisation 09.00.08. – Moscow, 2000. – 118 p.
15. Gurieva, V.A., Odintsov, A.R. Development and Testing of an Injection Solution for the Restoration of Cultural Heritage Sites. In: *Collection of Scientific Papers of the International Scientific Forum "Scientific Dialogue: Theory and Practice"*. – Moscow: LLC "Infinity", 2025. – P. 158-162.

Исследование стойкости бетонов с органоминеральными добавками к воздействию хлоридов и карбонизации

Петруновский Данила Валерьевич
аспирант, Российский университет транспорта, 9999690523@mail.ru

Статья посвящена исследованию коррозионной стойкости и диффузионной проницаемости цементных композитов, модифицированных ультрадисперсными слоистыми двойными гидроксидами. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения долговечности железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях сочетанного воздействия солевой агрессии и атмосферной карбонизации. В качестве основного модификатора структуры цементного камня использован анионообменный минерал — гидроталькит, вводимый взамен части базового вяжущего в объемах от 10% до 30%. Экспериментально оценено влияние добавки на кинетику продвижения солевого фронта и параметры углекислотной нейтрализации. Применение ускоренных электрохимических методов позволило установить, что введение 10% гидроталькита снижает коэффициент нестационарной диффузии хлорид-ионов в 7–8 раз по сравнению с бездобавочным портландцементом. Результаты макроструктурного анализа подтвердили формирование плоскопараллельного фронта фильтрации флюидов и отсутствие выраженных очагов питтинговой коррозии на арматурных стержнях. Химический анализ соскобов выявил увеличение аккумулирующей способности модифицированных матриц, способных связывать и иммобилизировать свободные галогениды внутри кристаллической решетки добавки. Несмотря на формальное снижение расчетного порога депассивации до 0,24%, общее время до разрушения защитного оксидного слоя стали увеличилось почти вдвое, составив 130 часов. Полученные закономерности позволяют рекомендовать разработанные составы для проектирования строительных объектов с повышенными требованиями к эксплуатационной надежности в агрессивных средах.

Ключевые слова: органоминеральные добавки, гидроталькит, диффузия хлоридов, депассивация арматуры, карбонизация бетона, долговечность цементных композитов, коррозионная стойкость, пористая структура вяжущих.

Обеспечение эксплуатационной надежности строительных конструкций в течение заданного проектом срока службы сопряжено с необходимостью постоянного совершенствования структуры композиционных материалов. Наземные и подземные инженерные объекты подвергаются сочетанному воздействию агрессивных компонентов окружающей среды, среди которых доминирующее значение имеют углекислый газ атмосферы и растворы солей. Традиционные тяжелые бетоны, изготовленные на основе бездобавочного портландцемента, во многих случаях обнаруживают недостаточную сопротивляемость коррозионным процессам при долгосрочной эксплуатации [1]. Разрушение цементного камня под действием внешних факторов начинается с диффузии газообразных или жидких агентов через систему капиллярных пор и микротрещин. Направленное изменение топологии порового пространства вяжущих систем признается ведущим методом снижения проницаемости искусственного камня [2]. Применение комплексных модификаторов позволяет существенно замедлить массоперенос и продлить период до начала деградации рабочей арматуры.

Внедрение в практику монолитного и сборного строительства высокопрочных и особо плотных бетонов требует привлечения новых видов дисперсных и ультрадисперсных компонентов [3]. Органоминеральные добавки, сочетающие в себе химические пластификаторы и активные минеральные наполнители различного генезиса, обеспечивают синергетический эффект при формировании микроструктуры гидратных новообразований. Механизм действия подобных систем основан на сочетании физического фактора (микронаполнительного эффекта) и хемосорбционного взаимодействия с продуктами гидролиза клинкерных минералов [4]. Заполнение межчастичного пространства мелкодисперсными фазами приводит к измельчению пор, уменьшению их общей связности и одновременному увеличению доли замкнутых микропор. Дополнительная фиксация свободной извести в труднорастворимые низкоосновные гидросиликаты кальция повышает плотность контактной зоны между цементным камнем и заполнителями [5]. За счет снижения общего объема свободной капиллярной влаги в затвердевшем матриксе формируется барьер, препятствующий свободной инфильтрации агрессивных агентов.

Особую опасность для сохранности железобетонных элементов представляет проникновение хлорид-ионов, способных разрушать пассивную оксидную пленку на поверхности стальных стержней [6]. Указанный процесс протекает без видимого изменения самого бетона, однако вызывает появление локальных очагов питтинговой коррозии металла. Параллельно с солевой агрессией развивается карбонизация, обусловленная взаимодействием углекислого газа с гидроксидом кальция и другими гидратными фазами [7]. В результате нейтрализации щелочной среды происходит падение показателя pH поровой жидкости ниже критического уровня, равного примерно 9,0. Утрата щелочного буфера переводит сталь в активное состояние, провоцируя объемное увеличение продуктов ржавления внутри конструкции. Возникающие внутренние растягивающие напряжения неизбежно вызывают отслоение защитного слоя бетона, обнажая арматурный каркас для прямого контакта с кислородом и влагой [8]. Предотвращение сочетанного проявления этих деструктивных явлений является актуальной научно-технической задачей современного материаловедения.

В последние годы материаловеды уделяют повышенное внимание слоистым двойным гидроксидам, среди которых выделяется гидроталькит (минерал группы анионообменных глин). Способность данной кристаллической структуры к изоморфному замещению и интеркаляции внешних анионов открывает перспективы для создания «умных» бетонов, способных связывать агрессивные компоненты [9]. Присутствие гидроталькита в цементной матрице позволяет осуществлять селективный захват ионов хлора из проникающего извне флюида, иммобилизируя их внутри межслоевого пространства кристаллической решетки добавок. Ожидаем, что подобное внутреннее связывание способно значительно сместить момент начала коррозионных проявлений во времени. Механические характеристики модифицированных систем при этом сохраняются на высоком уровне благодаря сбалансированному подбору гранулометрического состава вяжущей части [10]. Комплексная оценка кинетики проникновения вредоносных агентов в такие структуры требует проведения детальных лабораторных испытаний. Целью настоящей работы является установление закономерностей массопереноса хлорид-ионов и темпов углекислотной нейтрализации в бетонах, содержащих

различные объемы органоминеральных модифицирующих систем. Достижение поставленной цели предполагает детальное изучение вещественного состава исходных компонентов, физико-химических свойств затвердевших композитов и мониторинг состояния арматурных элементов.

В исследовании на карбонизацию используются цементы, перечисленные в таблице 1, а цемент ЦЕМ I 52,5 R-SR 3 послужил основой для испытаний на механическую прочность, а также на диффузию сульфатов и хлоридов.

Таблица 1

Химический состав цементов, используемых в испытаниях стойкости бетонов

Цемент	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	LOI	IR	Cl^-
ЦЕМ I 42,5 R	20,24	3,99	2,92	62,88	1,41	3,47	0,08	0,86	2,78	0,10	0,02
ЦЕМ I 52,5R SR 3	21,73	3,67	4,31	66,12	1,32	3,00	0,49	0,57	1,12	0,19	0,01
ЦЕМ III/A-P 42,5 R	28,17	6,20	3,13	52,41	1,32	3,11	0,38	0,67	2,34	–	0,05

Представленный в таблице 1 элементный состав в пересчете на оксиды позволяет судить о потенциальной реакционной способности и коррозионной стойкости исследуемых вяжущих веществ. Клинкерная часть бездобавочных портландцементов (марки ЦЕМ I 42,5 R и ЦЕМ I 52,5R SR 3) характеризуется высоким содержанием оксида кальция (62,88 % и 66,12 % соответственно). Столь высокие значения CaO предопределяют обильное выделение гидроксида кальция (портландита) в процессе гидратации силикатных фаз (алита и белита). Портландит необходим для поддержания высокого уровня pH поровой жидкости, что обеспечивает первоначальную пассивацию стальной арматуры внутри железобетонного массива. С другой стороны, избыточное количество свободного $Ca(OH)_2$ делает матрицу весьма уязвимой к воздействию углекислого газа, легко вступающего в реакцию карбонизации с образованием карбоната кальция. Повышенное содержание диоксида кремния (21,73 %) в высокопрочном цементе ЦЕМ I 52,5R SR3 указывает на преобладание алитовой фазы, ответственной за интенсивный набор прочности в ранние сроки твердения.

Сульфатостойкий портландцемент ЦЕМ I 52,5R SR 3 имеет специфическое соотношение оксидов алюминия и железа. Содержание Al_2O_3 снижено до 3,67 %, в то время как концентрация Fe_2O_3 повышена до 4,31 %. Данный баланс оксидов минимизирует образование трехкальциевого алюмината (C_3A) в клинкере, ограничивая его количество нормативным пределом в 3 %. Низкая доля алюминатных фаз существенно снижает риск протекания сульфатной коррозии (связанной с кристаллизацией эттрингита и таумасита) [11]. Допускаем, что такое строение клинкера может наложить определенные ограничения на способность чистого цементного камня химически связывать проникающие хлориды в форме соли Фриделя. Для компенсации этой особенности требуется введение специализированных добавок.

Шлакопортландцемент марки ЦЕМ III/A-P 42,5 R демонстрирует принципиально иной характер распределения оксидного состава. Концентрация диоксида кремния здесь достигает 28,17 %, а содержание оксида алюминия возрастает до 6,20 % при одновременном падении содержания CaO до 52,41 %. Подобные пропорции обусловлены введением значительного количества доменного гранулированного шлака в процессе помола вяжущего. Пониженный уровень оксида кальция свидетельствует о меньшем потенциальном объеме портландита в гидратированной системе. Основная часть $Ca(OH)_2$ расходуется на пуццоланическую реакцию со шлаковым стеклом, приводя к синтезу дополнительных гелеобразных гидросиликатов кальция низкой основности. Учитываем, что шлакосодержащие системы традиционно обладают повышенной плотностью за счет кольматации капилляров продуктами вторичной гидратации. Кинетика карбонизационных процессов в этих материалах может протекать быстрее из-за пониженного стартового запаса щелочного буфера. Потери при прокаливании (LOI) для всех представленных образцов находятся в пределах технологических норм (от 1,12 % до 2,78 %), отражая малую степень исходной гидратации и карбонизации цементов при хранении. Содержание примесных ионов хлора (Cl^-) минимально и не способно оказать негативного влияния на стабильность арматуры на начальном этапе.

Изучение влияния комплексных модификаторов на деградационные процессы осуществлялось на сериях образцов, изготовленных по унифицированным рецептурам. В зависимости от типа планируемого испытания формировались три различные технологические группы изделий (цементное тесто, растворные смеси и бетонные элементы). Основным варьируемым фактором являлась степень замещения базового, вяжущего тонкодисперсным порошком гидротальката. Для оценки прочностных показателей, сопротивляемости сульфатной агрессии и скорости продвижения углекислотного фронта отливались мини-призмы с линейными размерами 10 × 10 × 60 мм. В качестве контрольного базиса использовалось чистое цементное тесто с фиксированным водоцементным отношением, равным 0,5.

Опытные составы предусматривали последовательную замену 10 %, 20 % и 30 % массы цемента эквивалентным количеством анионообменной добавки. Начальное структурообразование образцов протекало в герметичных стальных формах в течение первых суток, после чего осуществлялась распалубка. Последующий набор прочности и формирование стабильного фазового состава фаз происходили в специализированной климатической камере (при температуре 20±2 °C и строго контролируемой относительной влажности воздуха на уровне 90 %). Продолжительность предварительного твердения составляла 28 суток, что обеспечивало завершение основных стадий гидратации клинкерных минералов перед началом агрессивного воздействия.

Для проведения ускоренных диффузионных испытаний в среде хлоридсодержащих флюидов подготавливались образцы из цементно-песчаного раствора. Объем каждого формованного элемента составлял 70 $см^3$, а водоцементное соотношение поддерживалось стабильным (0,5) для прямой сопоставимости результатов. Пропорция между вяжущей частью и стандартным кварцевым песком составляла 1/3 по массе. Режим первоначального выдерживания полностью дублировал условия для пастовых призм (24 часа в формах и 28 суток в камере влажного ухода). По окончании подготовительного периода образцы подвергались принудительному электрохимическому воздействию. Применение внешнего электрического тока позволяло значительно ускорить миграцию отрицательно заряженных ионов хлора сквозь пористую структуру цементно-песчаной матрицы. Подразумеваем, что форсированный направленный перенос ионов дает возможность оперативно оценить защитный потенциал модифицированных систем без необходимости проведения многолетних натурных экспозиций. Мониторинг момента разрушения пассивного слоя на металле производился электрохимическими методами.

Процесс депассивации арматурной стали фиксировался по изменению свободных коррозионных потенциалов и параметров тока. Дале приведены экспериментальные данные, отражающие кинетику продвижения хлоридного фронта и диффузионные параметры исследуемых составов (таблица 2).

Таблица 2

Время депассивации, глубина проникновения и коэффициент нестационарной диффузии хлоридов (Dns) в образцах из обычного портландцемента (OPC) и с 10-процентным замещением гидроталькитом (HtMg10)

Образец	Время испытания (ч)	Максимальная глубина проникновения (мм)	Средняя глубина проникновения (мм)	Коэффициент диффузии Dns ($см^2/с$)
Обычный портландцемент С 1	70	34,04	33,03	17×10-12
Обычный портландцемент 2	70	33,94	33,14	15×10-12
Образцы, содержащие гидротальцит:				
HtMg10–1	130	34,22	34,29	2,25×10-12
HtMg10–2	130	33,98	34,28	2,05×10-12

Примечание: коэффициент нестационарной диффузии показывает, насколько быстро ионы хлора проникают в структуру бетона. Чем ниже это значение, тем выше защитные свойства бетона.

Представленные в таблице 2 результаты численных измерений свидетельствуют о радикальном изменении характера массопереноса при введении модифицирующей добавки. Контрольные образцы на основе обычного портландцемента без введения модификаторов (маркировки обычный портландцемент 1 и 2) продемонстрировали высокую скорость фильтрации агрессивного флюида. Время до момента фиксации депассивации стального стержня составило всего 70 часов. За данный временной промежуток глубина проникновения хлоридного фронта достигла средних значений порядка 33,03–33,14 мм. Рассчитанные коэффициенты нестационарной диффузии (D_{ns}) для бездобавочных составов оказались весьма высокими, зафиксировавшись на уровне 15×10^{-12} - 17×10^{-12} , $см^2/с$. Подобные параметры указывают на наличие развитой и открытой сети капиллярных пор, не создающей серьезных препятствий для мигрирующих галогенидов. Свободный объем пор в чистом портландцементном камне способствует быстрому достижению критической концентрации солей вблизи зоны контакта с металлом.

Введение 10 % гидроталькита (составы HtMg10–1 и HtMg10–2) привело к качественному изменению измеряемых показателей. Время, необ-

ходимое для депассивации стальной поверхности, увеличилось практически вдвое, составив 130 часов. При этом итоговая средняя глубина проникновения ионов хлора за пролонгированный период испытания зафиксирована на отметке 34,22–34,28 мм. Главным итогом модифицирования стало резкое падение коэффициента нестационарной диффузии (D_{ns}) до значений $2{,}05\times10^{-12}$ - $2{,}25\times10^{-12}$, см^2/с. Наблюдаемое снижение скорости массопереноса (примерно в 7–8 раз по сравнению с эталоном) свидетельствует об эффективности созданного диффузионного барьера.

Предполагаем, что обнаруженный эффект обусловлен двойственным характером воздействия гидроталькита на структуру камня. С одной стороны, мелкодисперсные частицы добавки работают механически, уплотняя матрицу и перекрывая сквозные пути миграции флюидов. С другой стороны, реализуется специфический химический механизм (анионный обмен между слоями кристаллической решётки модификатора). Гидротальцит перехватывает подвижные ионы хлора из порового раствора, прочно фиксируя их внутри своей структуры взамен высвобождающихся карбонат- или гидроксид-ионов. Металл остается в пассивном состоянии значительно дольше благодаря удержанию агрессивных агентов в связанных формах.

Для наглядной верификации полученных кинетических данных и сопоставления степени реального коррозионного поражения арматурных элементов был выполнен комплекс визуальных и графических исследований. Ниже представлены результаты макроструктурного анализа поперечных сколов образцов и сопутствующего состояния поверхности извлеченной стали (таблица рис. 1).

Анализ макрофотографий и графических схем, объединенных на рисунке 1, позволяет наглядно проследить топографию распределения солевого фронта внутри цементных систем. На сколах контрольных образцов (ОРС), обработанных индикаторным раствором нитрата серебра, граница проникновения хлоридов имеет неровный, пилообразный контур. Наличие глубоких выступов окрашенной зоны свидетельствует о неравномерном продвижении ионов по наиболее крупным капиллярным ходам и микродефектам. Фиксация депассивации при малом временном отрезке (70 часов) указывает на то, что агрессивный агент достиг поверхности стального сердечника локально, прорвав защитный барьер в наиболее уязвимых местах.

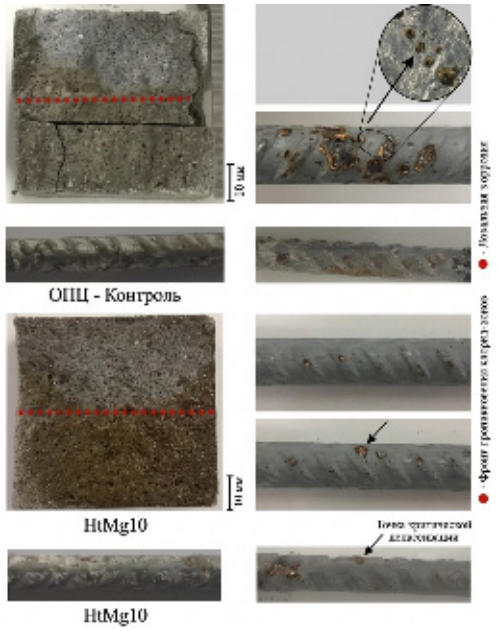


Рисунок 1 Графическое представление зоны проникновения хлорид-ионов в образцы бетона и состояние поверхности стальной арматуры по достижении критического времени депассивации

Состояние поверхности извлеченных стальных стержней из бездобавочных матриц подтверждает электрохимические выводы. На металле отчетливо видны сформировавшиеся глубокие коррозионные язвы (питтинги), заполненные рыхлыми продуктами окисления железа бурого цвета. Общая площадь поражения свидетельствует об интенсивном протекании анодных процессов после разрушения пассивирующей гидроксидной пленки.

На графических профилях образцов с добавлением гидроталькита (HtMg10) картина распределения ионов выглядит принципиально иначе. Фронт проникновения, зафиксированный после 130 часов испытаний, имеет более ровную, плоскопараллельную траекторию. Отсутствие выраженных вырывов окрашенной зоны вглубь камня подтверждает тезис об однородности поровой структуры модифицированного бетона и ликвидации крупных транспортных каналов. Несмотря на схожую итоговую глубину проникновения солей (около 34 мм), данный уровень был достигнут за время, почти в два раза превышающее контрольные сроки. Состояние арматуры из опытных блоков HtMg10 характеризуется отсутствием развитых каверн и масштабных следов ржавления. Поверхность стали в основном сохраняет первоначальный матовый оттенок, а признаки начального окисления носят точечный характер.

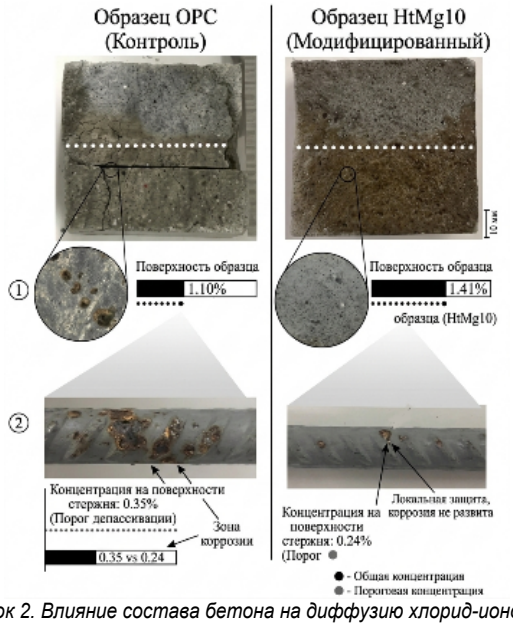


Рисунок 2. Влияние состава бетона на диффузию хлорид-ионов и коррозионное состояние арматуры

Думаем, что замедление массопереноса и уплотнение фронта сорбированных ионов напрямую связаны с изменением фазового состава гидратных новообразований. Образующиеся при гидролизе добавок дополнительные фазы сужают свободное сечение пор, переводя диффузионный процесс из режима свободного капиллярного течения в режим стесненной микропористой диффузии. Физическое сопротивление среды дополняется химическим сопротивлением, что наглядно подтверждается численной разницей концентрационных параметров на ключевых границах раздела фаз.

Для детальной количественной оценки распределения солей в зоне контакта «цементный камень – металл» были проведены химические анализы соскобов порошка с поверхностей образцов.

Полученные сведения позволяют сопоставить фактическое накопление галогенидов с пороговыми величинами, вызывающими коррозию (таблица 3).

Таблица 3
Концентрация хлоридов на поверхности образца и стального стержня

Концентрация хлоридов	Стержень в эталонном образце	Стержень в HtMg10
Концентрация хлоридов на поверхности (% от массы раствора)	1,10	1,41
Пороговая концентрация хлоридов (% от массы раствора)	0,35	0,24

Данные, зафиксированные в таблице 3, открывают важную закономерность, касающуюся изменения химического равновесия. На внешней поверхности эталонного образца (без добавок) к концу испытательного цикла содержание хлоридов составило 1,10 % от массы раствора. При этом пороговая концентрация, при которой началось разрушение оксидной пленки на стали, определена на уровне 0,35 %. Указанная величина является классической для традиционных бетонов на портландцементе и отражает предел щелочной стабильности системы. Превышение порога 0,35 % переводит железо в термодинамически нестабильное состояние в присутствии влаги и растворенного кислорода.

В модифицированном составе (HtMg10) зафиксированы иные граничные параметры. Содержание хлоридов на наружной поверхности образца достигло более высокого значения – 1,41 %. Данный факт указы-

вает на возросшую способность модифицированной матрицы аккумулировать (удерживать) ионы из внешнего раствора, действуя как эффективный сорбционный резервуар. Самым примечательным результатом стало снижение пороговой концентрации хлоридов до 0,24 %. Падение порога депассивации при одновременном увеличении общего времени стабильности стали (до 130 часов) кажется на первый взгляд парадоксальным.

Измеряемая аналитическими методами концентрация фиксирует валовое содержание ионов (включая как свободные, так и химически связанные формы). В бетонах с гидроталькитом львиная доля проникающих ионов переходит в связанное, иммобилизированное состояние внутри кристаллической решетки слоистых дигидроксидов. Доля свободных, агрессивных ионов хлора в поровом растворе остается крайне малой, неспособной инициировать коррозию. Коррозионный процесс запускается лишь тогда, когда валовое содержание солей достигает высоких значений, способных вызвать насыщение сорбционной емкости добавки. Пониженный расчетный порог (0,24 %) свидетельствует об изменении буферных свойств среды, однако реальная опасность для конструкций наступает значительно позже благодаря эффективному связыванию мигрирующих агентов.

Таким образом, выполненный комплекс лабораторных исследований позволяет сформировать целостное представление о характере влияния органоминеральных модификаторов на долговечность цементных композитов. Установлено, что базовый химический состав клинкера предопределяет характер распределения гидратных фаз, однако его потенциала недостаточно для сдерживания интенсивных внешних воздействий. Введение ультрадисперсных слоистых двойных гидроксидов - перестраивает кинетику влажностного и солевого транспорта, переводя систему на качественно новый уровень стойкости.

Экспериментально доказано многократное снижение диффузионной проницаемости камня, содержащего добавку гидроталькита. Падение коэффициента нестационарной диффузии хлоридов почти в восемь раз обеспечивает надежное пролонгирование периода пассивного состояния арматурных элементов. Визуализационный анализ подтверждает формирование плотного, плоскопараллельного фронта фильтрации, исключающего появление локальных сквозных путей прорыва солей к металлу. Повышенная аккумулирующая способность модифицированных матриц позволяет связывать агрессивные анионы, снижая их подвижность в поровой жидкости. Предполагаем, что применение подобных технологических решений найдет отклик при проектировании ответственных объектов, эксплуатируемых в транспортных и прибрежных зонах. Дальнейшие изыскания должны быть направлены на изучение стабильности сформированных барьеров в условиях одновременного протекания солевой агрессии и глубокой атмосферной карбонизации.

Литература

1. Дженчако П. Д., Добшиц Л. М., Николаева А. А. Обзор влияния органоминеральных добавок с использованием техногенных активных минеральных добавок на физико-механические свойства бетонов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2024. – № 4. – С. 29-39.
2. Kalamkas A., Evgeniya T., Maxim K., Rauza S., Marina R. Study of the hydrophysical properties of heavy concrete modified with complex organo-mineral additives // GEOMATE Journal. – 2024. – Vol. 27, no. 124. – pp. 24-31.
3. Van Tang L., Xuan Ngo H., Vu Kim D., Bulgakov B., Aleksandrova O. Effect of complex organo-mineral modifier on the properties of corrosion-resistant concrete // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 251. – Art. no. 01005.
4. Mukimov A. S., Turaev K. K., Tojiev P. J., Nabiev D. A., Nomozov A. K. Modern approach to the addition of organomineral additives to increase cement brand // Chemical Review and Letters. – 2024. – Vol. 7, no. 5. – pp. 804-815.
5. Alharbi Y. R., Abadel A. A., Mayhoub O. A., Kohail M. Effect of using available metakaoline and nanomaterials on the behavior of reactive powder concrete // Construction and Building Materials. – 2020. – Vol. 257. – Art. no. 121344.
6. Тараканов О.В., Ерофеева И.В., Белякова Е.А., Москвин Р.Н., Санягина Я.А., Христофорова И.А. Моделирование процессов раннего структурообразования и твердения цементных материалов с органоминеральными добавками // Нанотехнологии в строительстве. – 2024. – Т. 16, № 6. – С. 510–524.
7. Wang J., Dong S., Zhou C., Ashour A., Han B. Investigating pore structure of nano-engineered concrete with low-field nuclear magnetic resonance // Journal of Materials Science. – 2021. – Vol. 56, no. 1. – pp. 243–259.
8. Petropavlovskaya V., Sulman M., Novichenkova T., Petropavlovskii K. Corrosion resistant fine-grained ash concrete for repairs of constructions in the linen production // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1926, no. 1. – Art. no. 012045.
9. Scrivener K., Haha M. B., Juilland P., Levy C. Research needs for cementitious building materials with focus on Europe // RILEM Technical Letters. – 2022. – Vol. 7. – pp. 220-252.
10. Wu B., Jin H. Compressive fatigue behavior of compound concrete containing demoulded concrete lumps // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 210. – pp. 140–156.
11. Andrade C., Martínez-Serrano A., Sanjuán M. Á., Tenorio J. A. Strength and resistance to Sulfates, carbonation and chlorides ingress by substitution of binder by hydrotalcite in several cement types // Construction Materials. – 2023. – Vol. 3, no. 3. – pp. 305-319.

A study of the resistance of concrete with organomineral admixtures to chloride and carbonation

Petrunovsky D.V.
Russian University of Transport

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the corrosion resistance and diffusion permeability of cementitious composites modified with ultrafine layered double hydroxides. The relevance of this study stems from the need to improve the durability of reinforced concrete structures operating under the combined effects of salt attack and atmospheric carbonation. An anion-exchange mineral, hydrotalcite, was used as the primary modifier of the cement stone structure, replacing a portion of the base binder at levels ranging from 10% to 30%. The effect of the additive on the kinetics of salt front propagation and the parameters of carbon dioxide neutralization was experimentally evaluated. The use of accelerated electrochemical methods revealed that the addition of 10% hydrotalcite reduces the transient diffusion coefficient of chloride ions by 7–8 times compared to Portland cement without the additive. The results of macrostructural analysis confirmed the formation of a plane-parallel fluid filtration front and the absence of pronounced pitting corrosion on the reinforcing bars. Chemical analysis of scrapings revealed an increase in the accumulation capacity of the modified matrices, capable of binding and immobilizing free halides within the additive's crystal lattice. Despite a formal reduction in the calculated depassivation threshold to 0.24%, the total time to failure of the protective oxide layer of the steel almost doubled, reaching 130 hours. The obtained patterns allow the developed compositions to be recommended for the design of construction projects with increased requirements for operational reliability in aggressive environments.

Keywords: organomineral admixtures, hydrotalcite, chloride diffusion, reinforcement depassivation, concrete carbonation, durability of cementitious composites, corrosion resistance, porous structure of binders.

References

1. Dzhenchako P. D., Dobshits L. M., Nikolaeva A. A. Overview of the influence of organomineral additives using technogenic active mineral additives on the physical and mechanical properties of concrete // Transport. Transport Structures. Ecology. – 2024. – No. 4. – pp. 29-39.
2. Kalamkas A., Evgeniya T., Maxim K., Rauza S., Marina R. Study of the hydrophysical properties of heavy concrete modified with complex organo-mineral additives // GEOMATE Journal. – 2024. – Vol. 27, no. 124. – pp. 24-31.
3. Van Tang L., Xuan Ngo H., Vu Kim D., Bulgakov B., Aleksandrova O. Effect of complex organo-mineral modifier on the properties of corrosion-resistant concrete // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 251. – Art. no. 01005.
4. Mukimov A. S., Turaev K. K., Tojiev P. J., Nabiev D. A., Nomozov A. K. Modern approach to the addition of organomineral additives to increase cement brand // Chemical Review and Letters. – 2024. – Vol. 7, no. 5. – pp. 804-815.
5. Alharbi Y. R., Abadel A. A., Mayhoub O. A., Kohail M. Effect of using available metakaoline and nanomaterials on the behavior of reactive powder concrete // Construction and Building Materials. – 2020. – Vol. 257. – Art. no. 121344.
6. Tarakanov O. V., Erofeeva I. V., Belyakova E. A., Moskvin R. N., Sanyagina Ya. A., Khristoforova I. A. Modeling of processes of early structure formation and hardening of cement materials with organomineral additives // Nanotechnologies in Construction. – 2024. – Vol. 16, no. 6. – pp. 510–524.
7. Wang J., Dong S., Zhou C., Ashour A., Han B. Investigating pore structure of nano-engineered concrete with low-field nuclear magnetic resonance // Journal of Materials Science. – 2021. – Vol. 56, no. 1. – pp. 243–259.
8. Petropavlovskaya V., Sulman M., Novichenkova T., Petropavlovskii K. Corrosion resistant fine-grained ash concrete for repairs of constructions in the linen production // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1926, no. 1. – Art. no. 012045.
9. Scrivener K., Haha M. B., Juilland P., Levy C. Research needs for cementitious building materials with focus on Europe // RILEM Technical Letters. – 2022. – Vol. 7. – pp. 220-252.
10. Wu B., Jin H. Compressive fatigue behavior of compound concrete containing demoulded concrete lumps // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 210. – pp. 140–156.
11. Andrade C., Martínez-Serrano A., Sanjuán M. Á., Tenorio J. A. Strength and resistance to Sulfates, carbonation and chlorides ingress by substitution of binder by hydrotalcite in several cement types // Construction Materials. – 2023. – Vol. 3, no. 3. – pp. 305-319.

О траекториях развития творчества представителей направления «бумажная архитектура»

Пилипенко Виолетта Игоревна
аспирант, ассистент-преподаватель кафедры «Архитектура жилых зданий», Член Союза московских архитекторов (СМА), Московский архитектурный институт (Государственная академия) МАРХИ, 99violetta19@gmail.com

Статья посвящена исследованию профессиональных траекторий развития представителей направления «бумажная архитектура», которое известно в мировой истории как самобытный советско-российский феномен культуры конца XX – начала XXI вв. На основе анализа творческих биографий более 160 архитекторов и их соавторов выявлена множественность сценариев профессиональной реализации участников архитектурно-художественного направления. В исследования предлагаются четыре основные области профессионального развития архитектора: практическо-проектная, художественно-культурная, образовательно-научная и иные виды деятельность. Отмечено, что переход от «бумажной архитектуры» к различным видам практики не носит линейного характера и сопровождается расширением ролей архитектора и их одновременному совмещению. В результате установлено, что «бумажная архитектура», возникшая в рамках конкурсной, выставочной и концептуальной практик, являлась фундаментом формирования профессиональной идентичности современных архитекторов, которые перешли от абстрактных поисков к архитектурно-строительной практике новейшего времени.

Ключевые слова: бумажная архитектура, профессиональные траектории развития архитектора, творческая биография, художественная культура, архитектурное образование, архитектурная практика, современная российская архитектура.

Традиционное понимание архитектора, связанного со строительством зданий и сооружений, демонстрировало в истории однозначность восприятия зодчества как архитектурно-строительной практики. Сейчас же наблюдается множественность профессиональных сценариев развития архитектора.

Долгие годы ведущие позиции в российской архитектуре конца XX начала XXI вв. занимали частные архитекторы, увлекающиеся художественно-концептуальными направлениями, одним из которых является «бумажная архитектура».

В настоящее время о творческом направлении известном в российской культуре как «бумажная архитектура» эпизодически пишут искусствоведы, культурологи, философы и архитектуроведы. Часть информации о модельно-графических работах из творчества архитекторов-бумажников, именах и событиях существуют и фиксируется в публикациях московских авторов — Ю.И. Аввакумова [9, 15], М.Г. Бархина, А.В. Бокова [14], И. Долинской и Е. Полинской, М.А. Белова и И.Г. Лежавы [21], А.М. Кожевникова [18], Г.А. Никича [15], Г.И. Ревзина [19], Б.М. Соколова, С.Б. Ткаченко, А.Г. Раппапорта, С.В. Хачатурова и его аспиранта Е.Ю. Коваленко, ленинградского архитектора — М.А. Филиппова [19], и новосибирских исследователей — А.О. Иванова, А.Ю. Карманова, А.Ю. Ложкина и В.Ю. Мизина [20].

Многие исследователи признают работы архитекторов-бумажников настоящим произведением искусства, отмечая глубокие и новаторские идеи авторов, выполненные на высоком художественном уровне. Например, кандидат искусствоведения, С.В. Хачатуров, отвечающий в Московском государственном университете (МГУ) имени М.В. Ломоносова за направление архитектуры в разрезе истории искусства исторического факультета, рассматривает «бумажную архитектуру» как предмет искусства. В 2016 году С.В. Хачатуров представил цикл лекций «*1985-1990. Искусство времен перестройки и в первые постсоветские годы»* в ММОМА, в котором четвертая встреча была посвящена теме *«Бумажная архитектура и реальное проектирование на территории СССР»*. В это же время под его руководством защищается бакалаврская работа Е.Ю. Коваленко *«Образ дома в бумажной архитектуре»*. Под руководством С.В. Хачатурова были выполнены еще ряд бакалаврских и магистерских диссертаций по темам: *«Наследие бумажной архитектуры в новейшем искусстве»*, *«Александр Бродский и Пиранези: феномен бумажной архитектуры»*, *«Проекты российских архитекторов для конкурсов журнала JAPAN ARCHITECT 1980 — 2010 годов»* и т.д.

Вместе с тем, специального исследования, посвященного анализу творческих траекторий развития представителей «бумажной архитектуры» в связи с культурой в рамках новейшего времени не проводилось.

Анализ творческих биографий всех персоналий, занимающихся «бумажной архитектурой» в СССР (ныне в России), фиксирует множественность профессиональных сценариев развития архитектора. В исследовании использовалась выборка более чем 160 авторов и их соавторы, имена которых найдены по каталогам реализованных конкурсов, сборникам выставочных работ [15] и книгам «бумажная архитектура» [9, 14]. Выявлено, что все ведущие авторы являются выпускниками отечественных архитектурных ВУЗов и факультетов (Московского архитектурного института, Московского государственного академического художественного училище памяти 1905 года [13], Санкт-Петербургской академии художеств им. И. Репина [19], Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета им. В.В. Куйбышева [20], Котовского индустриального техникума в Тамбовской области, Фрунзенского политехнического института [12], Белорусского политехнического института).

Творческие траектории развития архитекторов-бумажников в исследовании предлагается поделить на 4 области: практическо-проектная область реализации архитектуры, образовательно-научная, художественно-культурная и иная деятельность. Стоит обратить внимание, что четкой границы между этими областями у многих архитекторов нет, потому что они совмещают несколько видов деятельности параллельно.

1. Художественно-культурная область реализации авторских идей и профессионального развития архитектора-бумажника

Среди биографий архитекторов-бумажников встречаются группы профессиональных траекторий, которые можно отнести к публицистике, поэзии или редактуре журналов; театральной деятельности (встречаются

актеры, драматурги, писатели пьес, сценографы, художники-постановщики и декораторы); экспозиционированию (кураторы выставок, инсталяторы, оформители и дизайнеры выставок); музыкальной (Н.Н. Овчинников — с 2016 г. основатель электронно-музыкального проекта «Errare humanum est») и художественной деятельности (встречаются книжные иллюстраторы, авторы видеофильмов, свободные художники-графики, живописцы и скульпторы).

Для авторов, которые выбрали для себя книжную и журнальную иллюстрацию, театральное и телевизионное оформление, концептуальное искусство, «бумажная архитектура» фактически становится основной профессией, переосмысленной в качестве художественной практики. Например, С.М. Бархин, закончивший в 1962 году Московский архитектурный институт [13] и работавший в основном с М.А. Беловым над «бумажными» проектами (совместные работы: «Квартира для семьи островитянина» 1987 г., «Дом для рыжих» 1989 г., «Марсельский блок» 1986/1989 г. «Архитектура завтра — не вместо, а вместе с архитектурой сегодня» 1987/1989 г. и др. [9, с.118-120, 126-129]), известен больше как театральный деятель. Архитектор-бумажник И.В. Уткин [9, с.17] помимо проектирования интерьеров и зданий является автором декораций к балету «Золушка» С.С. Прокофьева в Мариинском театре, декорации к постановке в Риге — «Светлый ручей», сценографии к балету «Пламя Парижа» в Москве [10, с.37-41].

Менее многочисленная, но показательная траектория — работа с публицистическим текстом, издательская и редакторская деятельность, отражает смещение от графического проектирования к вербализации идей и публичному дискурсу. Роль писателя проявилась наилучшим образов в деятельности А.Н. Балдина (автор «бумажных» графических листов 1987 г. «Сказка про трех поросят», «Вавилонская башня», «Первый этаж города» [9, с.62-63, 298-299]) и М.М. Бартенев (в соавторстве с Н.А. Горкиным, Л.Н. Павловым и В.П. Штеллером проект «Театр индивидуального восприятия», 1978 г. [9, с.270]). В воспоминаниях об А.Н. Балдине: «*он не вписывался в рамки одной лишь профессии писателя, художника (хотя себя Балдин называл именно так, художник-шрифтовик), путешественника. Он был всеми сразу, одновременно, не по очереди».* Потребность быть в постоянном диалоге со своим «зрителем» в деятельности «бумажной архитектуры» переходит в дальнейшем в потребность вербального общения с читателем через публицистику и книги.

2. Практическо-проектная область реализации архитектурных идей и профессионального развития архитектора-бумажника

Наиболее распространённой профессиональной траекторией по результатам анализа является частная архитектурная деятельность, совмещенная с педагогической.

Получив высшее образование в сфере архитектуры, многие авторы сразу были распределены в государственные научно-проектные институты: Архитектурно-проектная мастерская Военно-инженерной академии РККА, Моспроекте-1, Моспроекте-2, Моспроекте-3, Моспроекте 4, НИС МАРХИ, ЦНИИЭП жилища, ЦНИИП Градостроительства, НИИПИ Генплана города Москвы. Далее они становятся руководителями собственных архитектурных бюро, проектных компаний, авторских студий и мастерских. Зарубежом самой первой была зарегистрирована студия «Boym Partners Inc» К.Г. Бойма в 1986 г. в г. Нью-Йорке. Самые ранние отечественные компании были зарегистрированы в период перестройки: в г. Москве — художественная группа «Арт-Бля» М.Э. Лабазова, А.М. Савина, А.В. Чельцова [7]; «Архитектурно-художественные мастерские архитекторов Величкина и Голованова» Д.В. Величкина и Н.Н. Голованова) [6, 8], в г. Фрунзе — частное архитектурное бюро «Музей» А.И. Зусика [12]. Год их создания — 1987 совпадает со сменой формы отраслевого проектного института на форму частной проектной компании [17, с.71].

На территории России частные компании, возглавляемые архитекторами-бумажниками, открываются вплоть до 2015-х гг. Например, одним из последних открыл свое дело С.В. Коробов, который с 2014 фигурирует как генеральный директор и руководитель ООО «Мастерская Коробова Сергея». Он же соавтор в «бумажных» работах «Квартира будущего» и «Жилище будущего» 1987 г. вместе с Т.Б. Кузембаевым и И.Н. Пищукевичем [9, с.284-285].

В трех томном издании к 275-летию Московской архитектурной школы отмечалось: *«в историческом смысле «бумажники» стали предтечей новой частной архитектуры рубежа II и III тысячелетий»* [22, с.23].Фокус внимания частных мастерских сосредоточен в основном на индивидуальных заказах в области жилых домов (загородные поселки и усадьбы, многоэтажные жилые дома, районы и кварталы в мегаполисах России), коммерчески привлекательных пространств (бутики, интерьеры ресторанов, горнолыжные комплексы, многофункциональные торгово-развлекательные центры, банные комплексы и СПА), административные здания (бизнес-центры, здания правительства Москвы и Московской области, банки) и научно-технический центры с объектами инфраструктуры.

3. Образовательно-научная область реализации идей архитекторов-бумажников и их профессионального развития

Одна из наиболее устойчивых и статусных траекторий развития архитектора-бумажника — это преподавание (более 60 личностей выбрали для себя преподавание в качестве основной или второстепенной профессиональной деятельности). Сегодня большего всего персон занимаются преподаванием в отечественных частных и государственных ВУЗах: в г. Москве — МАРХИ, МГАХИ им. В.И. Сурикова, РАЖВиЗ им. И.С. Глазунова, МИИГАиК, МГУ, ГУЗ, МАРШ, ВШЭ, ГИТИС, РУДН им. П. Лумумбы, бизнес-школа «RMA» и т.д.; в г. Новосибирске — НГАСУ (Сибстрин), НГУАДИ им. А.Д. Крячкова, НГУ; в г. Минске — ИСЗ им. А.М. Широкова. Известным учебным заведением также считается студия дизайна «Сенеж», в которой проходили обучение художники и архитекторы из разных городов в виде творческих семинаров, длившихся от нескольких дней до пары месяцев. В г. Москве А.А. Скокан с 1976 по 1982, А.В. Боков с 1968 по 1984 и А.Г. Зосимов с 1985 по 1989 были преподавателями Центральной учебно-экспериментальной студии Союза художников СССР (Сенежская студия) [14].

В ходе анализа встречались преподаватели уровня дополнительного школьного и дошкольного образования. Например, Т.А. Парамонова, известная благодаря авторским работам в сборнике «Неизвестная архитектура Новосибирска» — преподаватель детской художественной студии «Ракурс» в г. Новосибирске [20].

Некоторых архитекторов-бумажников активно приглашали преподавать зарубеж. Например, Ю.И. Аввакумов с 1993 по 1994 г. преподавал в Высшей школе дизайна в немецком Карлсруэ; В.И. Кирпичев с 1993 по 2004 преподаватель в университетах Германии, Дании, Англии и Австрии. К.Г. Бойм, эмигрировавший в г. Нью-Йорк, с 1987 по 2000 гг. преподавал на факультете дизайна «Parsons School of Design», а в 2015 был назначен заведующим кафедрой промышленного дизайна в частном колледже «Pratt Institute».

Отдельным вектором развития можно считать создание собственных архитектурно-художественных школ, программ и образовательных платформ. В.И. Кирпичев с 1977 основал «ЭДАС» (Экспериментальную детскую архитектурную студию). М.Э. Лабазов с 1986 фигурирует как основатель детской студии «ДЭЗ 5» [7]. Е.В. Асс открыл в 2012 г. «МАРШ» (Московскую архитектурную школу) [3]. Ю.Э. Григорян с 2011 по 2014 был директором образовательных программ «Стрелка», а сейчас курирует свой образовательный проект «Аудитория» [2]. Н.В. Белоусов с 2003 является идеологом и создателем образовательного фестиваля «Древолюция» в г. Галиче [11].

У «вчерашних» архитекторов-бумажников желание делиться опытом с другими в процессе педагогической деятельности обосновано тем, что обмен знаниями повышает эрудицию — в процессе передачи опыта педагог систематизирует и структурирует свои накопленные знания и приобретает новые; стремление быть социально-активным, лидером группы часто сопровождается с желанием быть полезным другим людям (альтруизм); педагогика как эксперимент, где можно получать обратную связь на свои идеи, чтобы проверить, насколько они ценны и актуальны. В конце концов для кого-то преподавание стало призванием всей жизни.

Менее массовая, но принципиально важная траектория развития архитектора-бумажника в качестве учёного, теоретики и исследователя архитектуры. Отдельно остановимся на научно-теоретической деятельности архитекторов-бумажников, поскольку их изыскания и результаты являются важным научным вкладом в сферу архитектурной науки. Из общего перечня авторов и соавторов по «бумажной архитектуре» выделилась группа людей, которые работали в НИИ, защитили научную степень, регулярно публикуют теоретические и историко-архитектурные рецензируемые труды.

Стоит сделать акцент на том, что в советское время не было четких границ между научной и проектной работой в крупных государственных образованиях. Ряд авторов, как научные деятели и руководители продолжительное время реализовывались в следующих НИИ: А.В. Бабуров с 1968 по 1991 и М.Э. Лабазов с 1988 по 1992 — сотрудники ЦНИИТИА (ВНИИТАГ) [13]; в ГАУ «Институт Генплана Москвы» О.А. Баевский с 1976 по 2017 — сотрудник, А.А Скокан — с 1973 по 1982 руководитель группы архитекторов научного отдела НИиПИ [1, 5], как и А.Э. Гутнов, под руководством которого работал с 1973 по 1989 В.П. Юдинцев [10]; В.И. Локтев — сначала в НИИТАГе, потом в секторе Классического искусства Института истории искусств в секторе Общетеоретических проблем ВНИИТЭ [16]; И.А. Осипян — сотрудник ЦНТИ по гражданскому

строительству и архитектуре; А.Г. Зосимов — с 1985 по 1989 научный сотрудник отдела «Культурного потенциала города» под руководством В.Л. Глазычева в НИИ Культуры [18]; А.В. Егерев начинал свою карьеру в ЦНИИЭП им. Мезенцева.

В рамках анализа дополнительно был собран перечень 24 диссертационных исследований (кандидатские и докторские диссертации разных областей наук), защищенные участниками направления «бумажная архитектура».

Одна диссертация на соискание ученой степени кандидата философских наук Г.Г. Дюментона заслуживает внимания, так как ее автор защитил работу перед тем, как вышли первые работы «НЭР» [9, с.38]. Научный труд «Общение и расселение при переходе к коммунизму» 1965 года, а в 1966 году выходит книга-манифест группы «НЭР» [21]. Так, часть принципиальных научных позиций Г.Г. Дюментона легли в основу «НЭР».

Две диссертации, относящиеся к технической научной специальности 05.23.01, были защищены Е.В. Буровым в г. Новосибирске и Д.Д. Жуковым в г. Минске, что может свидетельствовать об ориентации регионального образования в архитектурно-строительную сторону, нежели в художественно-концептуальную, как в г. Москве.

В области архитектуры и градостроительства фигурирует 21 диссертация, из которых 5 работ соответствуют уровню докторских диссертаций. Докторами архитектуры из авторов «бумажной архитектуры» являются: Б.Г. Бархин, А.В. Боков, А.Э. Гутнов, И.Г. Лежава, А.И. Хомяков.

Ниже будет приведён результат аналитического обзора ключевых установок архитектурных диссертаций с обобщением наиболее популярных и перспективных тематических направлений, а также с формулировкой творческих и исследовательских концепций ключевых авторов, чья научная деятельность связана с архитектурно-концептуальным направлением «бумажной архитектурой». На основе анализа можно выделить несколько устойчивых тематических блоков, соответствующих основным направлениям научных специальностей «Архитектура»: теория архитектуры и архитектурное формообразование (философско-концептуальные аспекты архитектуры, форма и функция формы, геометрические основания архитектуры и ее элементов, изменяемость и процессуальность архитектуры, архитектура как система восприятия); градостроительная теория и системный подход в градостроительстве (структурно-функциональная организация города, различные концепции развития города улучшения жизни в нем, урбанизация среды и ее реконструкция, формы расселения, транспорт и центры активности в городе); архитектурное образование и методология проектирования (методика архитектурного проектирования, архитектурное образование как система, развитие образного мышления, проект как аналитическо-исследовательский процесс); архитектурное наследие и принципы его сохранения, адаптации и реконструкции (модернизация различных зданий); архитектурные принципы организации какой-либо типологии зданий (от многофункциональных общественных и общественно-жилых комплексов, гостиниц, многоэтажных жилых дом, до физкультурно-спортивных сооружений, кинотеатров, сооружений водного туризма и мемориально-музейных комплексов).

Таким образом, архитекторы в своих «бумажных проектах» часто выходят за пределы материальной, реальной архитектуры. Проект для них выступает не как воплощение будущего объекта строительства, а как интеллектуальная модель. В научных изысканиях архитекторы-бумажники приходят часто к абстрактным моделям городов, что объясняет популярность градостроительных тем. Для группы личностей, выбравших путь педагога или исследователя характерен переход от индивидуального проектного высказывания в «бумажной архитектуре» к теоретической рефлексии, осмыслению архитектурных процессов в разрезе истории и трансляции художественно-архитектурного подхода через методику преподавания. Педагогика в данном случае выступает формой институционализации визионерского опыта.

4. Иные области реализации авторских идей и профессионального развития архитектора-бумажника

Стоит отметить, что среди авторов и соавторов «бумажной архитектуры» почти не встречаются личности, которые нашли себя в качестве технических инженеров или конструкторов. Известно лишь одно упоминание, близкое к инженерно-конструкторской работе из некролога В.П. Штеллера: *«с 2014 руководитель отдела разработки рабочей документации в архитектурном бюро «SPEECH»»*. Ответственность за выпуск рабочей документации является частью более инженерно-технической работой, нежели архитектурно-художественной. В «бумажной архитектуре» В.П. Штеллер известен, как участник творческого коллектива в конкурсе «Театр будущего» журнала «Современная архитектура СССР» [9, с. 270].

К сожалению, на сегодняшний день есть неизвестные данные о профессиональном пути и выбранных траекториях некоторых авторов «бумажной архитектуры». Восстановление исторических фактов требует дальнейших изысканий.

В результате можно обобщить:

Установлено, что «бумажная архитектура» выступает стартовой платформой для формирования авторской практики в больших городах, однако переход архитекторов-бумажников к «реальной» архитектуре в большинстве случаев не является линейным. Он сопровождается расщеплением профессии на несколько направлений — проектные, художественные, образовательные и исследовательские практики, которые совмещаются параллельно большим числом участников «бумажной архитектуры».

Отмечено, что переход от «бумажной архитектуры» к реальной практике редко означает отказ от визионерства — скорее происходит адаптация художественного подхода к архитектуре в современном проектировании.

Выявлено, что период профессионального образования и становления у архитекторов-бумажников, связан с конкурсной, выставочной и культурно-социальной деятельностью — «бумажной архитектурой», что формирует определенный спектр факторов, повлиявших на формирование личности каждого архитектора-бумажника.

Определено, что «бумажная архитектура» в СССР выступает лабораторией формирования профессиональной идентичности архитекторов (уклон в изобразительно-художественную деятельность, формирование вкуса посредством истории архитектуры и искусства, развитие концептуального мышления, видение архитектуры как уникальной и гармоничной модели мира). Важным фактом является, что архитекторы переходят от «бумажной архитектуры» к различным сферам реализации (от строительства до искусства и науки) со своим принципиальным видением картины времени и мира.

Таким образом, анализ профессиональных траекторий, выявленных на основе исследования творческих биографий всех персоналий, занимающихся «бумажной архитектурой» в СССР (ныне в России) демонстрирует расширение роли архитектора в современном мире: от проектировщика зданий к автору, куратору, исследователю и культурному медиатору, что является принципиально новой позицией в XXI веке.

Литература

1. Tatlin Mono #2 АБ «Остоженка» 1996-2006 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2006. №1 (2). 256 с.
2. Tatlin Mono #3 Проект Меганом 1998-2006 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2006. №2 (3). 260 с.
3. Tatlin Mono #4 Архитекторы Acc 1998-2006 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2006. №3 (4). 192 с.
4. Tatlin Mono #10 Андрей Боков 1997-2007 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2008. № 1 (10|56). 232 с.
5. Tatlin Mono #32 Архитектурное бюро «Остоженка» 2006-2012 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2012. №4 (32|112). 224 с.
6. Tatlin Mono #40 Архитектурные мастерские Дмитрия Величкина и Николая Голованова 2009-2014 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2014. №2 (40|133). 200 с.
7. Tatlin Mono #48 Архитектурное бюро «А-Б Студия» 1992-2016 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2009. № 2 (48|155). 208 с.
8. Velichkin & Golovanov 1988-2010 // TATLIN. Москва: TATLIN, 2010. 168 с.
9. **Аввакумов, Ю.И.** Бумажная архитектура. Антология. Москва: Музей современного искусства «Гараж», 2019. 375 с. ISBN 978-5-6045383-7-1.
10. Альбом «МАРХИ КОНКУРСЫ» // Московский архитектурный институт (Государственная академия) МАРХИ. Москва, 2024. 209 с.
11. Архитекторы Белоусовы // TATLIN. Москва: TATLIN, 2018. 192 с.
12. Архитектурная мастерская Александра Зусика // TATLIN. Москва: TATLIN, 2022. 368 с.
13. Архитектурные школы Москвы. Сборник 3. Педагоги и выпускники. 1918-1999 / Московский архитектурный институт (государственная академия), Музей истории моск. архит. шк.; Авт.-сост.: к. арх. Л.И. Иванова-Веэн. Москва: Издательство «Ладья», 2002. 2-е издание, исправленное и дополненное. 112 с.
14. Боков, А.В. «Параллельная архитектура» оттепели и застоя. Визионеры последнего советского тридцатилетия. Москва: Музей современного искусства «Гараж», 2024. 184 с. ISBN 978-5-6049360-4-7.
15. Бумажная архитектура: из собрания банка «Столичный» / составители, авторы предисловия Ю.И. Аввакумов, Г.А. Никич. Москва: АРТ МИФ, 1994. 41 с.

16. Вячеслав Локтев. Летающая архитектура: антигравитационные тенденции в архитектуре. Автомонография. / ред. Д.И. Вавочкин. Москва: издательство «Союз Дизайн», 2013. 360 с. ISBN 978-5-00016-007-7.

17. Ильевская, М.М. Профессиональное мировоззрение архитектора в эпоху со-циокультурных перемен (на примере творчества архитектурного бюро ТПО «Резерв») : специальность 2.1.11 «Теория и история архитектуры, рестав-рация и реконструкция историко-архитектурного наследия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Ильевская Мария Михайловна; Московский архитектурный институт. Москва, 2024. Т. 1. 196 с.

18. Кожевников, А.М. Архитектор Александр Зосимов – классик «бумажной архитектуры» (по материалам выставки в галерее ВХУТЕМАС) // Architecture and modern information technologies. 2021. №4 (57). URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/17_kozhevnikov.pdf (дата обращения: 05.05.2026).

19. Михаил Филиппов: архитектор-художник / Г.И. Ревзин. Москва: ОГИ, 2011. 510 с. ISBN 978-5-94282-646-8

20. Неизвестная архитектура Новосибирска, 1982-1994 / подготовили издание В. Мизин, А. Ложкин. Екатеринбург: Абак - пресс, 1997. 60 с.

21. Новый элемент расселения: на пути к новому городу / А.Э. Гутнов, И.Г. Лежава, А.В. Бабуров, Г.Г. Дюментон, С.А. Садовский, З.В. Харитонова. Москва: Стройиздат, 1966. 127 с.

22. Школа. Из прошлого — в настоящее и будущее // Д.О. Швидковский, Г.В. Есаулов, Н.А. Сапрыкина и др. Москва: «Архитектура-С», 2024. 328 с. ISBN 978-5-9647-0375-4.

On the creativity of paper architecture artists

Pilipenko V.I.
Moscow institute of architecture (State Academy) MARCHI, Moscow

JEL classification: L61, L74, R53

This article explores the professional development trajectories of representatives of the "paper architecture" movement, known in world history as a distinctive Soviet-Russian cultural phenomenon of the late 20th and early 21st centuries. Based on an analysis of the creative biographies of more than 160 architects and their co-authors, a multiplicity of professional development scenarios for participants in this architectural and artistic movement is identified. The study proposes four main areas of professional development for architects: practical design, artistic and cultural, educational and scientific, and other activities. It is noted that the transition from "paper architecture" to various types of practice is not linear and is accompanied by an expansion of the architect's roles and their simultaneous combination. As a result, it was established that “paper architecture”, which arose within the framework of competition, exhibition and conceptual practices, was the foundation for the formation of the professional identity of modern architects who moved from abstract searches to the architectural and construction practice of modern times.

Keywords: paper architecture, professional development trajectories of an architect, creative biography, artistic culture, architectural education, architectural practice, modern Russian architecture.

References

1. Tatlin Mono #2 Ostozhenka Architectural Design Bureau 1996-2006 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2006. No. 1 (2). 256 p.
2. Tatlin Mono #3 Meganom Project 1998-2006 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2006. No. 2 (3). 260 p.
3. Tatlin Mono #4 Ass Architects 1998-2006 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2006. No. 3 (4). 192 p.
4. Tatlin Mono #10 Andrey Bokov 1997-2007 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2008. No. 1 (10|56). 232 p.
5. Tatlin Mono #32 Ostozhenka Architectural Bureau 2006-2012 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2012. No. 4 (32|112). 224 p.
6. Tatlin Mono #40 Dmitry Velichkin and Nikolay Golovanov Architectural Studios 2009-2014 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2014. No. 2 (40|133). 200 p.
7. Tatlin Mono #48 A-B Studio Architectural Bureau 1992-2016 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2009. No. 2 (48|155). 208 p.
8. Velichkin & Golovanov 1988-2010 // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2010. 168 p.
9. Avvakumov, Yu.I. Paper Architecture. An Anthology. Moscow: Garage Museum of Contemporary Art, 2019. 375 p. ISBN 978-5-6045383-7-1.
10. Album "MARCHI COMPETITIONS" // Moscow Architectural Institute (State Academy) MARCHI. Moscow, 2024. 209 p.
11. The Belousov Architects // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2018. 192 p.
12. The Architectural Studio of Alexander Zusik // TATLIN. Moscow: TATLIN, 2022. 368 p.
13. Architectural Schools of Moscow. Collection 3. Teachers and Graduates. 1918-1999 / Moscow Architectural Institute (State Academy), Museum of the History of Moscow Architectural Schools; Compiled by: Candidate of Arch. L.I. Ivanova-Veen. Moscow: Ladya Publishing House, 2002. 2nd edition, revised and supplemented. 112 p.
14. Bokov, A.V. “Parallel Architecture” of the Thaw and Stagnation. Visionaries of the Last Soviet Thirty Years. Moscow: Garage Museum of Contemporary Art, 2024. 184 p. ISBN 978-5-6049360-4-7.
15. Paper Architecture: from the Collection of Stolichny Bank / compilers, authors of the foreword Yu.I. Avvakumov, G.A. Nikich. Moscow: ART MIF, 1994. 41 p.
16. Vyacheslav Loktev. Flying Architecture: Antigravity Tendencies in Architecture. Automonograph. / ed. D.I. Vavochkin. Moscow: Soyuz Design Publishing House, 2013. 360 p. ISBN 978-5-00016-007-7.
17. Ilyevskaya, M.M. The Professional Worldview of an Architect in the Era of Sociocultural Change (Based on the Work of the Architectural Bureau TPO "Reserve"): Specialty 2.1.11 "Theory and History of Architecture, Restoration and Reconstruction of Historical and Architectural Heritage": Dissertation for the Degree of Candidate of Architecture / Maria Mikhailovna Ilievskaya; Moscow Architectural Institute. Moscow, 2024. Vol. 1. 196 p.
18. Kozhevnikov, A.M. Architect Alexander Zosimov – a Classic of "Paper Architecture" (Based on the Exhibition at the VKHUTEMAS Gallery) // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. No. 4 (57). URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/17_kozhevnikov.pdf (accessed: 05.05.2026).
19. Mikhail Filippov: Architect-Artist / G.I. Revzin. Moscow: OGI, 2011. 510 p. ISBN 978-5-94282-646-8
20. Unknown Architecture of Novosibirsk, 1982-1994 / prepared by V. Mizin, A. Lozhkin. Yekaterinburg: Abak-press, 1997. 60 p.
21. A New Element of Settlement: On the Way to a New City / A.E. Gutnov, I.G. Lezhava, A.V. Baburov, G.G. Dumenton, S.A. Sadovsky, Z.V. Kharitonova. Moscow: Stroyizdat, 1966. 127 p.
22. School. From the Past to the Present and Future // D.O. Shvidkovsky, G.V. Esaulov, N.A. Saprykina, et al. Moscow: Arkhitektura-S, 2024. 328 p. ISBN 978-5-9647-0375-4.

Планирование и проектирование системы газоснабжения сельского населенного пункта

Ефремова Татьяна Васильевна
кандидат технических наук, доцент кафедры ЭТиТГСВ, Волгоградский государственный технический университет, mama_t63@mail.ru,

Платонов Александр Александрович
студент, Волгоградский государственный технический университет, platonov121998@mail.ru

Исследована проблема выбора наиболее оптимальной схемы газоснабжения сельских населенных пунктов со сложной конфигурацией на примере п. Приволжский Светлоярского района Волгоградской области. Рассмотрены три варианта схемы газоснабжения с различным количеством и расположением пунктов редуцирования газа. Определена материальная характеристика и прогнозируемая стоимость проектных и строительно-монтажных работ для каждого варианта. Даны рекомендации по применению критериев выбора.
Ключевые слова: инженерные сети, газораспределительная система, материальная характеристика, прогнозируемая стоимость.

Волгоградская область является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов России. Однако сельские жители составляют только 22,3 % от общей численности населения области [1]. Существует значительное количество федеральных и региональных программ по увеличению числа проживающих в сельской местности. Одним из основных аспектов является комфортное проживание каждого сельского жителя.

Показателями комфорта является наличие инженерных коммуникаций в сельском населенном пункте. Основные коммуникации – это линии электропередач, газопровод и водопровод. Все коммуникации не только должны обеспечивать доступ к каждому потребителю, но и обеспечивать надежность и экономичность потребления. Немаловажным аспектом является эстетичность, то есть инженерные сети не должны ухудшать внешний вид улиц села [2]. Учитывая, что во многих селах Волгоградской области находятся объекты культурного наследия (братские могилы, памятники воинам, сражавшимся в годы Великой Отечественной войны), особо охраняемые природные территории (природные парки, заповедники, заказники и т.п.), при разработке проектов коммуникаций необходимо разрабатывать мероприятия по минимизации воздействия в период строительства и эксплуатации инженерных сетей на окружающую среду [3].

Значительное влияние на конфигурацию инженерных сетей оказывает расположение и структура населенного пункта. Сельский населенный пункт может располагаться на небольшой площади с высокой плотностью застройки, а может представлять собой объединение нескольких хуторов, находящихся на определенном расстоянии друг от друга. Часто такое расположение села обусловлено наличием водных объектов, разделяющих территорию на несколько отдельных зон.

Так, например, поселок Приволжский Светлоярского района, представляет собой объединение нескольких зон (рисунок 1).

Рисунок 1 – Поселок Приволжский Светлоярского района Волгоградской области

Через территорию п. Приволжский проходит автомобильная дорога межмуниципального значения 18Н-107, имеющая усовершенствованное покрытие. Источником газоснабжения является головной газорегуляторный пункт шкафного типа (ГГРПШ), расположенный в восточной части населенного пункта. Такие условия предполагают разработку нескольких вариантов газоснабжения данного населенного пункта.

При разработке системы газоснабжения сельского населенного пункта должен соблюдаться ряд требований, а именно: обеспечение всех потребителей необходимым объемом природного газа с допустимым давлением; безопасность; надежность; экономичность и эстетичность разрабатываемых проектных решений [4]. Эстетичность обеспечивается применением подземного способа прокладки газопроводов. Надземными являются только шкафные газорегуляторные пункты (ГРПШ), располагаемые на отдельных площадках и имеющие устройства, исключающие несанкционированное влияние посторонних лиц на работу ГРПШ. При этом для установки выбираются места, исключающие визуальный обзор объектов культурного наследия [5].

Безопасность и надежность обеспечиваются применением современных устройств и материалов. Так, для подземных газопроводов применяются полиэтиленовые трубы, имеющие гарантийный срок эксплуатации 50 лет, а прогнозируемый срок службы 100 лет.

Основными критериями, влияющими на выбор схемы газоснабжения, являются обеспечение всех потребителей необходимым объемом природного газа с допустимым давлением и экономичность [6]. Исходя из существующих застройки и конфигурации поселка Приволжский с точки зрения газоснабжения можно разбить на три зоны: зона 1 – западная часть; зона 2 – центральная часть; зона 3 – восточная часть хутора. Границами между зонами является автомобильная дорога. Для обеспечения оптимального значения вышеназванных критериев разработаны три схемы газоснабжения:

- 1й вариант с ГРПШ 1 на три зоны;
- 2й вариант с ГРПШ 2 на две зоны, ГРПШ 1 на одну зону;
- 3й вариант с ГРПШ 1, 2, 3 с тремя зонами.

Необходимо отметить, что наиболее нагруженной является восточная зона (расход газа 456,39 м^3/ч), в которой помимо жилых домов расположены детский сад, больница, администрация и т.д. Наименее нагруженной является западная зона (расход газа 161,03 м^3/ч). Центральная зона включает в себя жилые дома, дом культуры, школу, и один магазин (расход газа 410,68 м^3/ч).

Увеличение количества ГРПШ приводит к уменьшению диаметров газопроводов низкого давления, а, соответственно, к уменьшению стоимости труб, но увеличению стоимости системы за счет увеличения стоимости самих ГРПШ [7]. Кроме этого, необходимо учитывать стоимость работ при прокладке газопровода закрытым способом методом наклонно-направленного бурения (ННБ) через дороги [8].

Для определения диаметров газопроводов по всем вариантам трассировки выполнен гидравлический расчет [9, 10]. По результатам гидравлического расчета определена материальная характеристика системы для каждого варианта (рисунок 2). Анализ результатов расчета показал, что по вариантам 1 и 3 результаты незначительно отличаются друг от друга. Следует отметить, что материальная характеристика не может являться определяющим критерием при выборе варианта, так как здесь не учтены ГРПШ и ННБ. Количество ННБ для различных вариантов следующее: вариант 1 – ННБ диаметром 63 мм; варианты 2 и 3 – ННБ диаметром 160 мм.

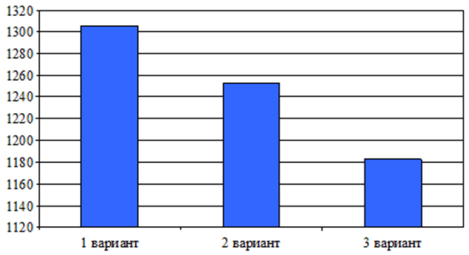


Рисунок 2 – Материальная характеристика системы газоснабжения

Для определения прогнозной сметной стоимости проектных и строительно-монтажных работ принята методика расчета по сборникам НЦС с учетом планируемого строительства газораспределительной сети п. Приволжский в 2026 году. В сметную стоимость включены затраты по проектированию и строительству подземного газопровода низкого и среднего давлений, установку ГРПШ и производство работ методом ННБ [11]. За основной показатель, характеризующий экономичность варианта, принята стоимость трассы с учетом НДС:

1й вариант – 31139,79 тыс. руб.;

2й вариант – 30835,16 тыс. руб.;

3й вариант – 31413,75 тыс. руб.;

Анализ величин сметной стоимости по вариантам показывает несоответствие результатов определения материальной характеристики, и для данного населенного пункта предпочтительней является схема газоснабжения с установкой одного ГРПШ на зоны 1, 2 и одного в зоне 3 с двумя независимыми системами газоснабжения низкого давления. Следует отметить, что стоимость ГРПШ не является определяющей при определении оптимального варианта. При всех прочих равных условиях определяющим является количество и стоимость ННБ, которые превышают по стоимости ГРПШ в 3-5 раз (в зависимости от диаметра).

Выполненное исследование показывает, что при проектировании систем инженерных коммуникаций необходимо на предпроектной стадии разрабатывать несколько вариантов трассировки. При этом необходимо учитывать наличие в сельском населенном пункте как искусственных сооружений, так и естественных препятствий. Выбор варианта зависит от нескольких критериев, определяющими из которых являются надежность и экономичность системы.

Литература

1. Численность населения по полу по субъектам Российской Федерации на 1 января 2024 года (с учётом итогов Всероссийской переписи населения 2020 г.). Федеральная служба государственной статистики (30 июля 2024). URL: https://www.rosstat.gov.ru/compendium/document/13284.

2. Чешев А.С., Шевченко О.Ю., Аксенова Е.Г. Социально-экологические аспекты управления муниципальными территориями // Инженерный Вестник Дона, 2012, № 4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1170.

3. Лосевская Е. А. Проблемы функционирования социально-эколого-экономических систем в рамках муниципальных образований // Инженерный Вестник Дона, 2012, № 4 (часть 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1405.

4. Ади Васим Самир Юнус. Основные принципы разработки сетей газораспределения сельских населенных пунктов. Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы IX Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 18—23 апреля 2022 г. / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Волгогр. гос. техн. ун-т—Волгоград : ВолгГТУ, 2022. С. 10-11.

5. Ефремова Т.В., Грить Н.В., Бурцева А.С., Вьюшкина М.А., Смирнова О.В., Пановская К.О. Оптимизация количества и радиуса действия ПРГ с учетом устойчивой работы регулятора давления газа // Инженерный Вестник Дона, 2017, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3913.

6. Андросова А.Н., Морозова О.В., Галюта О.А. Технико-экономическое обоснование схем газоснабжение сельской местности. Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения, 2006, № 1. С. 20-22.

7. Zimmer H.I. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.

8. Medvedeva Oksana N., Penenko Valeriya D. Routes of laying gas supply system pipeline. //Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2021 № 1. P. 153-163.

9. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.: ил.

10. Борисов С.Н., Даточный В.В. Гидравлические расчеты газопроводов. М.: Недра, 1972. 112 с.

11. Побегайлов О.А., Шемчук А. В. Информационные системы планирования в строительстве // Инженерный Вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1896.

Planning and design of a gas supply system for a rural settlement

Efremova T.V., Platonov A.A.
Volgograd State Technical Universaty

JEL classification: L61, L74, R53

The problem of choosing the most optimal gas supply scheme for rural settlements with a complex configuration is investigated using the example of Privolzhsky, Svetloyarsky district, Volgograd region. Three variants of the gas supply scheme with a different number and location of gas reduction points are considered. The material characteristics and the projected cost of design and construction and installation works for each option are determined. Recommendations on the application of selection criteria are given.

Keywords: engineering networks, gas distribution system, material characteristics, projected cost.

References

1. Population by gender by constituent entities of the Russian Federation as of January 1, 2024 (taking into account the results of the 2020 All-Russian Population Census). Federal State Statistics Service (July 30, 2024). URL: https://www.rosstat.gov.ru/compendium/document/13284
2. Cheshev A.S., Shevchenko O.Yu., Aksenova E.G. Socio-ecological aspects of municipal territory management // Engineering Bulletin of the Don, 2012, No. 4 (part 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1170 .
3. Losevskaya E. A. Problems of functioning of socio-ecological and economic systems within municipalities // Engineering Bulletin of the Don, 2012, No. 4 (part 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1405 .
4. Adi Wasim Samir Yunus. The basic principles of the development of gas distribution networks in rural settlements. Actual problems of construction, Housing and Communal services and technosphere safety: materials of the IX All-Russian (with international participation) Scientific and Technical Conference of Young Researchers, Volgograd, April 18-23, 2022 / Moscow Institute of Science and Higher Education of the Russian Academy of Sciences. Russian Federation, Volgogr. State Technical University University of Volgograd : VolgSTU, 2022. pp. 10-11.
5. Efremova T.V., Grit N.V., Burtseva A.S., Vyushkina M.A., Smirnova O.V., Panovskaya K.O. Optimization of the number and range of the PRG, taking into account the stable operation of the gas pressure regulator. // Engineering Bulletin of the Don, 2017, No. 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3913
6. Androsova A.N., Morozova O.V., Galyuta O.A. Feasibility study of gas supply schemes in rural areas. Scientific and technical problems of improvement and development of gas power supply systems, 2006, No. 1. pp. 20-22.
7. Zimmer H.I. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 324 p.
8. Medvedeva Oksana N., Penenko Valeriya D. Routes of laying gas supply system pipeline. //Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2021 No. 1. Pp. 153-163.

Проблемы и перспективы развития Шарташского лесного парка

Попова Ирина Николаевна
канд. социол. наук, Уральский Государственный экономический университет, ipopova@k66.ru,

Иванова Ольга Геннадьевна
старший преподаватель, Уральский государственный экономический университет, ivanova_urgi@mail.ru,

Вьюхин Максим Владимирович
Уральский государственный экономический университет, Uvva2@mail.ru

Статья посвящена проблемам и перспективам развития Шарташского лесного парка, который является особо охраняемой природной территорией областного значения площадью 719,5 гектар в пределах агломерации Екатеринбурга. На основе анализа экологического состояния, рекреационной нагрузки, динамики границ территории, финансово-экономических показателей деятельности и системы управления парком в статье выявлены ключевые проблемы развития парка. Предложены направления совершенствования стратегии развития, включающие экологическую реабилитацию озера и интеграцию Шарташского лесного парка в региональную стратегию охраны окружающей среды до 2035 г.
Ключевые слова: особо охраняемая природная территория (ООПТ), лесной парк, рекреационная нагрузка, экологическая реабилитация, управление затратами, цифровизация, экотуризм.

Введение

Шарташский лесной парк представляет собой уникальную природную территорию в восточной части Екатеринбурга (Кировский район), сочетающую высокую природоохранную ценность с интенсивным рекреационным использованием. Парк имеет статус ООПТ областного значения, занимает 719,5 га, располагает системой троп протяжённостью более 65 км и ежегодно привлекает порядка 956 тыс. посетителей, что создаёт значительное антропогенное давление на экосистемы.

С 2021 г. на базе парка и прилегающих территорий реализуется проект регионального рекреационно-оздоровительного кластера площадью 2 423 га, включающего озёра Шарташ и Малый Шарташ, гранитный карьер, посёлок Пески и части микрорайонов Шарташ и Изоплит. Мастер-план кластера, утверждённый губернатором Свердловской области, декларирует принцип баланса между развитием инфраструктуры и сохранением природных комплексов, однако его реализация сталкивается с рядом системных экологических, управленческих и финансовых вызовов.

Актуальность статьи обусловлена противоречиями между высоким рекреационным спросом и сохранением экосистем Шарташского лесного парка как ООПТ, усугубляемыми реализацией регионального кластера с 2021 г., где мастер-план сталкивается с экологическими, управленческими и финансовыми вызовами.

Целью данной статьи является выявление ключевых проблем и анализ возможностей развития Шарташского лесного парка на основе комплексного анализа экологического состояния, рекреационной нагрузки и механизма управления затратами, а также формирование предложений по повышению устойчивости и экономической эффективности функционирования парка как ООПТ и ядра регионального кластера.

В качестве методов исследования были использованы: анализ правовых нормативных документов Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области, финансово-экономический анализ отчетной документации Министерства, SWOT-анализ, BSC-анализ

Выявленные проблемы Шарташского лесного парка

В результате проведенного исследования были выявлены следующие проблемы:

Экологические проблемы и деградация озера Шарташ

Значимой инфраструктурной составляющей природного кластера является озеро Шарташ - древнее палеогеновое водоёмное образование ледникового происхождения с возрастом свыше 1 млн лет, котловина которого почти наполовину занесена сапропелем. Отсутствие проточности и накопление биогенных элементов (азота, фосфора) приводят к эвтрофикации, массовому цветению воды сине-зелёными водорослями, дефициту кислорода и периодическим заморам рыб, что подтверждается многолетней оценкой качества воды как «очень загрязнённой».

Уровень воды в озере снижается под влиянием комплекса факторов: уменьшение прибрежной растительности, устройство гранитной набережной на южном берегу, повышающее испарение, накопление ила, а также исторические гидротехнические воздействия (канал в Калиновку для попытки осушения в середине XX века). Дополнительную угрозу представляют загрязнения из частного сектора, промышленных объектов и карьера, в том числе поступление нефтепродуктов и единичные аварийные инциденты со сбросом химических веществ, что усиливает нагрузку на экосистему озера.

Трансформация границ и фрагментация территории

Исторический анализ показывает сокращение площади лесного парка с 842 га в 1956–1957 гг. до 719,6 га к 2021 г., то есть на 15% за примерно полвека, что эквивалентно среднегодовой потере порядка 0,27 га. Причинами выступают расширение городской застройки Екатеринбурга, инфраструктурные проекты, развитие промышленных и жилых зон на примыкающих территориях, а также рост интереса девелоперов к прибрежным участкам.

Сокращение площади сопровождается фрагментацией природных комплексов, разрывом миграционных коридоров для животных и снижением устойчивости экосистем к внешним воздействиям. Возведение новых объектов, в том числе туристических комплексов и потенциальной жилой застройки в районе Изоплита и Песков, при недостаточной оценке экологических рисков может привести к необратимой утрате части биоразнообразия и ухудшению рекреационной привлекательности парка.

Рекреационная нагрузка и нарушения режима ООПТ

Ежегодная посещаемость парка на уровне около 956 тыс. человек означает среднюю нагрузку порядка 2620 посетителей в сутки, с пиковыми значениями в летний период и выходные дни. Такая интенсивность использования приводит к вытаптыванию напочвенного покрова, уплотнению почв, разрушению береговой линии, росту объёмов мусора и повышенному стрессу для животных, особенно в зонах, где тропы и инфраструктура не соответствуют фактическому потоку.

Несмотря на регулярные субботники с участием волонтёров и создание мусорных станций, усилия по уборке отходов и восстановлению растительности пока недостаточны для компенсации негативного эффекта рекреационной нагрузки. Дополнительной проблемой являются нарушения режима ООПТ - браконьерство, незаконная охота, вывоз биоресурсов и несоблюдение правил пребывания, при том что система видеонаблюдения и контроля на территории парка остаётся неполной и фрагментарной.

Управление, финансовые ограничения и проблема качества благоустройства

Выездные заседания Законодательного собрания Свердловской области в 2023–2024 гг. зафиксировали претензии к качеству благоустройства Шарташского лесного парка: отмечались деградация детских и собачьих площадок, низкое качество велодорожек и тротуаров, недоработки по мусорным станциям, освещению и видеонаблюдению. На фоне возрастающих запросов населения и планов по развитию кластера выявился дефицит финансовых и кадровых ресурсов на эксплуатацию и охрану территории.

По данным администрации и руководства ГБУ СО «Шарташский лесной парк», текущий штат численностью около 13 сотрудников не соответствует масштабам задач по обслуживанию 719,5 га лесного массива и обслуживанию почти миллиона посетителей в год. При этом общий объём затрат на благоустройство и развитие парка в ряде контрактов оценивается сотнями миллионов рублей, что вызывает общественные дискуссии о рациональности расходования бюджетных средств и эффективности реализации мастер-плана.

Нормирование труда и оценка потребности в персонале

Для оценки трудоёмкости работ по содержанию и развитию парка использовалась классическая формула нормирования труда:

$T=\sum (Ti * Ni)$

, где T - общая трудоёмкость (чел.-час/год),

Ti - норма времени на операцию i,

Ni - объём операций i в натуральных единицах.

На основе характеристик территории (719,5 га, 65 км троп, 956 тыс. посещений) рассчитаны примерные затраты труда по ключевым направлениям: мониторинг состояния (около 1439 чел.-час/год), уборка мусора (порядка 956 чел.-час/год), содержание инфраструктуры (около 1560 чел.-час/год), суммарно около 8000-8800 чел.-час/год.

При штатной численности 13 сотрудников и годовом фонде рабочего времени 1740 чел.-час на человека суммарный ресурс составляет около 22 620 чел.-час/год, что даёт среднюю загрузку порядка 35% в расчёте на весь штат.

Однако с учётом специализации работников, сезонности работ и дополнительных функций (экскурсии, мероприятия, взаимодействие с посетителями) фактическая нагрузка на отдельных сотрудников (особенно в блоках мониторинга и рекреации) существенно выше, а нагрузка по площади достигает примерно 55 га на одного сотрудника при нормативе 30–50 га на человека.

В результате выявленных проблем, был проведен анализ и предложены перспективы развития Шарташского лесного парка.

Перспективы и направления развития Шарташского лесного парка.

Цифровизация, «умный парк» и оптимизация трудозатрат

Одним из ключевых направлений повышения эффективности управления является внедрение концепции «умного парка», основанной на использовании IT-решений, систем мониторинга и геоинформационных технологий. Предполагается развертывание сети IoT-датчиков контроля качества воды и воздуха, подсчёта посещаемости, установку камер видеонаблюдения по периметру и на основных тропах, а также создание единой ГИС-платформы с охватом 100% территории ООПТ к 2028 г.

Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) для мониторинга территории позволяет сократить трудоёмкость отдельных операций по наблюдению за состоянием лесных массивов и береговой линии до 40%, а также повысить оперативность реакции на нарушения режима ООПТ. Дополнительный эффект даёт внедрение мобильного приложения для посетителей с возможностью выбора маршрутов, онлайн-бронирования услуг и подачи жалоб, что потенциально может повысить удовлетворённость пользователей на 20% и снизить количество инцидентов за счёт более информированного поведения.

Экологическая реабилитация и развитие рекреационной инфраструктуры

Стратегия реабилитации озера Шарташ включает комплекс инженерных и биологических мероприятий: выборочно-локальное дноуглубление с учётом экологических ограничений, использование биофильтров на основе водных растений и водорослей, создание защитных прибрежных полос и строгий контроль за поступлением сточных вод. Важным условием устойчивого эффекта является ликвидация или минимизация внешних источников загрязнения, включая канализацию частного сектора, промышленные стоки и поверхностный сток с застроенных территорий.

Развитие рекреационной инфраструктуры в соответствии с мастер-планом предусматривает формирование тематических зон (спортивная, детская, тихого отдыха, экологического туризма), развитие сети троп здоровья, создание спортивных площадок, смотровых площадок и объектов сервиса при обязательном соблюдении природоохранных требований. Особое место занимает Палеопарк, созданный в 2020 г., который, по оценкам, может привлекать до 100-150 тыс. посетителей в год и служить ядром образовательных и культурных программ, подчеркивающих уникальность природного и исторического наследия территории.

Образовательные программы, волонтёрство и общественное участие

Расширение образовательной и просветительской деятельности рассматривается как важное направление снижения рекреационных рисков и повышения экологической культуры посетителей. Планируется реализация не менее 50 образовательных программ в год с охватом порядка 50 тыс. человек, включая школьников, студентов и взрослых, а также проведение экологических акций, экскурсий и тематических фестивалей.

Волонтёрское движение в поддержку Шарташского лесного парка (субботники, акции по посадке деревьев, мониторинг и просветительская работа) уже демонстрирует высокую активность, и стратегия развития предполагает рост числа вовлечённых добровольцев на 25% ежегодно. Общественное участие способствует не только снижению прямых затрат на некоторые виды работ, но и формированию устойчивой коалиции заинтересованных сторон, поддерживающих природоохранные приоритеты в конфликтных ситуациях с хозяйственными интересами.

Управление затратами и финансовая модель развития

Эффективное управление затратами ГБУ СО «Шарташский лесной парк» становится ключевым фактором устойчивого развития парка в условиях ограниченности бюджетного финансирования и необходимости экологической реабилитации озера. Базой для принятия решений выступают анализ структуры себестоимости услуг (мониторинг, уборка, благоустройство, рекреационные мероприятия), факторный анализ затрат, нормирование труда и оценка экономической эффективности инвестиционных проектов.

Прогнозный бюджет развития кластера на 2026–2030 гг. оценивается в 1,2 млрд руб. (около 300 млн руб. в год) при смешанной модели финансирования: 60% - средства областного и муниципального бюджета, 25% - доходы от экотуризма и платных услуг, 15% - гранты и иные внебюджетные источники. Крупнейшим инвестиционным проектом является очистка и экологическая реабилитация озера Шарташ с общим объёмом затрат порядка 500 млн руб., распределяемых на 2026-2027 гг., что требует тщательной оценки сроков окупаемости и косвенных экологических эффектов.

Экономическая эффективность и окупаемость инвестиций

Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов для парка и кластера может осуществляться по показателю рентабельности инвестиций (ROI):

ROI = (Доход-Затраты)/Затраты * 100%

Для иллюстрации рассмотрим проект развития платных рекреационных услуг (экскурсии, прокат, тематические программы) при инвестициях 200 млн руб., годовом доходе 30 млн руб. и эксплуатационных затратах 50 млн руб. В первый период проект характеризуется отрицательным финансовым результатом (чистый убыток 20 млн руб. в год), однако по мере роста посещаемости и оптимизации затрат предполагается достижение положительного денежного потока и рентабельности около 20% к 2028 г. и целевого уровня 25% к 2030 г.

Финансовая устойчивость модели обеспечивается за счёт диверсификации источников доходов (экотуризм, образовательные программы, аренда, партнёрские проекты), использования механизмов государственно-частного партнёрства, привлечения грантов по федеральным программам (например, «Экология») и повышения энергоэффективно-

сти инфраструктуры. В долгосрочной перспективе развитие экотуристического кластера вокруг Шарташского лесного парка может способствовать созданию новых рабочих мест и внесению дополнительного вклада в региональный валовой продукт за счёт роста туристического потока и сопутствующих сервисов.

Стратегические ориентиры до 2030–2035 гг.

Совершенствование региональной стратегии Минприроды Свердловской области до 2035 г. предполагает использование Шарташского лесного парка как пилотной площадки для внедрения новых подходов к управлению ООПТ в условиях урбанизации и климатических изменений. В качестве целевых ориентиров на горизонте 2030–2035 гг. рассматриваются: установление и юридическое закрепление границ 100% ООПТ, достижение не менее 80% уровня цифровизации процессов управления, повышение посещаемости до 1,2-2 млн человек в год при контролируемой рекреационной нагрузке и улучшение класса качества воды озера до уровня не ниже второго.

Дополнительно стратегией предусматривается доведение доли территории парка в хорошем экологическом состоянии до 90%, создание более 1000 рабочих мест в сфере экотуризма и сопутствующих услуг, развитие сети экологических троп и расширение охвата населения образовательными программами до 500 тыс. человек к 2035 г. Успех реализации этих ориентиров зависит от устойчивой политической поддержки, привлечения федеральных ресурсов, эффективного управления затратами и согласования интересов органов власти, бизнеса, научного сообщества и гражданских инициатив.

Выводы

Комплексный анализ Шарташского лесного парка выявил ключевые проблемы: деградацию озера Шарташ из-за эвтрофикации, накопления сапропеля и снижения уровня воды; сокращение территории на 15% (с 842 до 719,5 га) за счет урбанизации; высокую рекреационную нагрузку (956 тыс. посетителей в год, или 2620 чел./сутки) с вытаптыванием почв, мусором и нарушениями режима ООПТ; недостаток кадров (13 сотрудников на 719,5 га) и финансовые ограничения при реализации мастер-плана кластера с 2021 г.

Предложенная стратегия развития до 2030–2035 гг. включает экологическую реабилитацию озера (500 млн руб. на 2026–2027 гг.), цифровизацию («умный парк» с IoT, дронами и ГИС для снижения трудозатрат на 40%), оптимизацию затрат и диверсификацию финансирования с целевой ROI 25% для платных услуг.

Реализация мер обеспечит устойчивое функционирование парка как ядра кластера: 80% цифровизации, 90% территории в хорошем состоянии, рост посещаемости до 1,2–2 млн чел./год, создание 100 рабочих мест и интеграцию в региональную стратегию Минприроды Свердловской области, общественного участия и политической поддержки Шарташского лесного парка.

Литература

1. Мастер-план регионального рекреационно-оздоровительного ... [Электронный ресурс] https://xn--96-6kcl4bneii.xn--p1ai/projects/master-plan-regionalnogo-rekreacionno-ozdorovitelnogo-klastera-s
2. Озеро Шарташ – Ураловед [Электронный ресурс] https://uraloved.ru/ozero-shartash
3. Загадочный Шарташ 2023 – Вконтакте [Электронный ресурс] https://vk.com/@clean_ural-zagadochnyi-shartash
4. Екатеринбуржцы одобрили проект благоустройства ... [Электронный ресурс] https://agenda-u.org/news/ekaterinburzhcy-odobrili-proekt-blagoustroystva-shartashskogo-lesoparka
5. «Шарташский лесной парк» [Электронный ресурс] https://xn--96-6kcl4bneii.xn--p1ai/files/global/projects-image/Shartash/Masterplan.pdf
6. Благоустройство Шарташского лесопарка уже оценивают в ₽1 ... [Электронный ресурс] https://ekb.rbc.ru/ekb/freenews/5cf50d7d9a79474f5b060c17
7. Шарташский лесной парк - Золотая капитель [Электронный ресурс] http://www.zkapitel.ru/work/show/1240
8. Озеро Шарташ в Екатеринбурге покрылось вонючей зеленой ... [Электронный ресурс] https://www.e1.ru/text/ecology/2025/08/06/75804343/
9. Проект развития Шарташского лесопарка отложен на три года [Электронный ресурс] https://eanews.ru/ekaterinburg/20190218161109/proekt-razvitiya-shartashskogo-lesoparka-otlozhen-na-tri-goda
10. Благоустройство прилегающей к спортивным, универсальной и ... [Электронный ресурс] http://shartash-park.ru/page39509488.html

Problems and Prospects for the Development of the Shartash Forest Park

Popova I.N., Ivanova O.G., Vyukhin M.V.
Ural State University of Economics

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the challenges and development prospects of Shartash Forest Park, a 719.5-hectare specially protected natural area of regional significance within the Yekaterinburg metropolitan area. Based on an analysis of the park's environmental status, recreational load, boundary dynamics, financial and economic performance indicators, and management system, the article identifies key development challenges. It also proposes areas for improving the development strategy, including the ecological rehabilitation of the lake and the integration of Shartash Forest Park into the regional environmental protection strategy through 2035.

Keywords: specially protected natural area (SPNA), forest park, recreational load, ecological rehabilitation, cost management, digitalization, ecotourism.

References

1. Master Plan for Regional Recreational and Health... [Electronic resource] https://xn--96-6kcl4bneii.xn--p1ai/projects/master-plan-regionalnogo-rekreacionno-ozdorovitelnogo-klastera-s
2. Lake Shartash – Uraloved [Electronic resource] https://uraloved.ru/ozero-shartash
3. Mysterious Shartash 2023 – VKontakte [Electronic resource] https://vk.com/@clean_ural-zagadochnyi-shartash
4. Yekaterinburg Residents Approved the Improvement Project... [Electronic resource] https://agenda-u.org/news/ekaterinburzhcy-odobrili-proekt-blagoustroystva-shartashskogo-lesoparka
5. "Shartash Forest" Park" [Electronic resource] https://xn--96-6kcl4bneii.xn--p1ai/files/global/projects-image/Shartash/Masterplan.pdf
6. The improvement of the Shartash forest park is already estimated at ₽1 ... [Electronic resource] https://ekb.rbc.ru/ekb/freenews/5cf50d7d9a79474f5b060c17
7. Shartash forest park - Golden capital [Electronic resource] http://www.zkapitel.ru/work/show/1240
8. Lake Shartash in Yekaterinburg is covered with stinking green ... [Electronic resource] https://www.e1.ru/text/ecology/2025/08/06/75804343/
9. The Shartash forest park development project has been postponed for three years [Electronic resource] https://eanews.ru/ekaterinburg/20190218161109/proekt-razvitiya-shartashskogo-lesoparka-otlozhen-na-tri-goda
10. Improvement of the area adjacent to the sports, multi-purpose, and... [Electronic resource] http://shartash-park.ru/page39509488.html

Комплексный подход к дизайну архитектурной среды коттеджных поселков Юга России, на примере города Каменск-Шахтинский

Резницкая Лариса Мартыновна
доцент кафедры АСП, Академия архитектуры и искусств, Южный федеральный университет ЮФУ, lmreznickaya@sfedu.ru,

Харсеева Виктория Михайловна
магистрант, Академия архитектуры и искусств, Южный федеральный университет ЮФУ, harseeva@sfedu.ru

В статье анализируются проблемы, современные методы и подходы к проектированию комфортной среды коттеджных поселков, (к.п.), бизнес и эконом-класса на Юге России. Особое внимание уделено комплексному и региональному подходам, позволяющим обеспечить улучшение качества архитектурной среды к.п., экономичность, идентичность и устойчивое развитие. Цель работы — выявить принципы комплексности, комфортности и региональные ценности, на их основе разработать методику проектного подхода и концепцию к.п. в городе Каменске-Шахтинском Ростовской области.
В результате определены ключевые направления и средовые характеристики для к.п. бизнес- и эконом-класса на Юге России. Раскрыты принципы комплексности, комфортности, выявлены региональные ценностные основы. На этой базе разработана концепция к.п. в Каменске-Шахтинском, предложена методика комплексного формирования среды. Экспериментальная концепция к.п. в Каменске-Шахтинском может быть масштабирована для к.п. в других малых и средних городах региона.
Ключевые слова: коттеджный поселок, архитектурная среда, комплексность, комфортность, региональный аспект, ландшафтно-экологический метод, инновационность, принципы, концепция.

Введение

Интенсивное развитие коттеджных поселков на Юге России обусловлено рядом факторов: наличием свободных земель, развивающейся сетью автодорог, агломерационными процессами, благоприятной экономической ситуацией, комфортными экологическими условиями, многонациональностью и многоукладностью региона, традиционной миграцией населения на юг. А также желанием населения к изменению образа жизни: в комфортных городских условиях и ближе к природе. При этом возведение коттеджных поселков, за исключением клубных и элитных, часто диктуется текущей выгодой инвесторов, строителей, в результате чего в основной массе продолжает формироваться среда, которую можно назвать энтропийной, формальной, с ограниченным функционалом жизнедеятельности. Острой проблемой к.п. обозначился досуг и развитие подрастающего поколения и молодёжи. Пространственная среда к. п. зачастую не имеет признаков архитектурно-градостроительного и средового искусства, общественных зон, что не формирует заботливого и активного гражданина, его привязанности к малой Родине. Методы соучаствующего проектирования в тематике к.п. только начинают внедряться на Юге России**.** Сегодня коттеджные посёлки, особенно эконом-класса, потеряли такие функциональные и композиционные качества среды как: структурность, иерархичность пространств и объектов; сочетание различных типов планировки и застройки связанных с ландшафтом. Произошла потеря основных функциональных зон: для управления, торгово-сервисного обмена, досуга, рекреационной, культурной, духовной жизни. Утерян принцип пешеходной доступности ежедневных и частых сервисов. Остро встает вопрос о местах трудовой занятости которые могут быть связанны с сервисным, социальным, культурно-досуговым обслуживанием.

Целью исследования стало выявление содержания принципа комплексности и комфортности при проектировании современной архитектурной среды к.п. в на Юге России, в том числе его ценных региональных основ, вопросов идентичности и самобытности, а так же определение направлений, способных обеспечить комплексность, гармоничность и дальнейшее развитие к. п., в том числе, для создания концепции экспериментального коттеджного поселка в городе Каменск- Шахтинский Ростовской области. Для достижения цели решались следующие задачи исследования: изучение международного опыта и тенденций проектирования комфортной среды к.п; рассмотрение практики формирования к.п. на Юге России и особенностей города Каменск-Шахтинский; изучение наукоемкой базы по теме ИЖС и к. п.; моделирование концепции комплексного формирования среды к. п.

Обзор литературы

Исследования выбранной тематики охватывают различные аспекты градостроительства, архитектурного и средового проектирования.

Методологические, исторические и теоретические вопросы архитектурно-градостроительных и ландшафтных исследований города, его планировочной структуры рассматривались в трудах Е. А. Ахмедовой, А. Э. Гутнова, К. Александера, Д. Саймондса, К. Линча, З. Н. Яргиной. Проблемы истории и теории архитектуры и градостроительства исследовали Г. В. Барановский, Ф. Гибберд, З. Гидион, А. В. Иконников, Д. О. Швидковский. Эволюцию планировочной организации малоэтажных жилых образований изучали Б. Г. Бархин, Ф. Гибберд, Э. Говард, а вопросы проектирования среды поселений на разных уровнях — Ш. Д. Аскаров, Е. А. Ахмедова, В. Л. Глазычев, К. Линч. Формирование социальной городской инфраструктуры, средовой подход и многофункциональные пространства анализировали В. А. Боков, С. О. Лебедева, Р. Парк. Типологию и функционально-планировочную организацию индивидуального малоэтажного строительства исследовали Б. Г. Бархин, И. И. Наймарк, Г. А. Птичникова. Принципы «Нового урбанизма», средовую организацию и устойчивость поселений рассматривали Джейн Джекобс, Г. В. Есаулов, Леон Крие, М. Е. Монастырская, Ян Гейл, а концепции гибридных поселений — М. В. Морозова и А. В. Крашенинников.

В работе уточнено содержание понятия «коттеджный поселок» с учетом требований комплексного развития территорий (КРТ). В Диссертации «Географические факторы формирования Коттеджных поселков в России» 2014г. А.А. Саянов дает определение к. п. «как вида загородного жилья, состоящего из группы коттеджей, построенных в рамках единого архитектурно-планировочного решения, имеющего общее инженерное

обеспечение и благоустройство территории, а также внешнюю охраняемую границу» [9, с. 8]. С учетом КРТ и современных трендов, определение должно быть пересмотрено: Коттеджный поселок это вид малоэтажной жилой среды, обеспечивающий совокупность процессов жизнедеятельности части городского или сельского сообществ, интегрированный в транспортную и социальную инфраструктуру агломерации, представляющий целостный территориальный комплекс, сформированный на основе единой гибкой градостроительной, архитектурно-дизайнерской концепции, интегрированный с природой. Он включает совокупность взаимосвязанных открытых общественных пространств, застройки: жилой, общественной и иного типа, состав и номенклатура которой определяется потребностями целевой аудитории, прогнозируемой численностью населения, удаленностью базовых ценностей города, сбалансированным функционированием с учётом современных требований комфортности, и устойчивого развития территории. Комплекс имеет **интегрированную инженерную инфраструктуру с системами безопасности** и благоустройства.

Исследование отечественного и зарубежного опыта проектирования коттеджных поселков позволило выявить 6 критериев качества проживания:

1. ***Гармоничность среды.*** Единая архитектурно-градостроительная и дизайнерская концепция, соразмерность и удобство улиц и домов.
2. ***Функциональное зонирование.*** Разделение территории на жилые, общественные, смешанные, рекреационные и инженерно-технические зоны. Оптимальная организация дорог и пешеходных маршрутов.
3. ***Экологичность и устойчивость.*** Учёт природных условий, взаимодействие с ландшафтом. Применение энергоэффективных технологий, натуральных материалов, систем очистки воды и утилизации отходов.
4. ***Комфорт и безопасность.*** Благоустроенные общественные места, системы освещения и охраны, доступность для МГН групп.
5. ***Транспортная доступность.*** Качественные дороги (внутри посёлка и до города), остановки общественного транспорта, парковки, сервис для автомобилей и средств индивидуальной мобильности (СИМ).
6. ***Возможности развития.*** Разнообразная инфраструктура: детские учреждения, коворкинги, спортивные объекты, клубы по интересам, магазины,

Разделение поселков на классы: эконом, бизнес и элитный зависит от множества факторов, но определяющими являются: общая концепция пространства и застройки, качество транспортных сетей; удаленность к. п. от города, экологические характеристики; архитектурные и конструктивные решения зданий и сооружений, развитость инфраструктуры проживания и благоустройства; особенности управления и контроля ресурсами, виды и качество инженерных и компьютерных сетей; способ охраны территории.

Следование прогрессивным тенденциям комфортного проживания в к. п. эконом, и бизнес - класса возможно при снижении стоимости строительства и эксплуатации, за счет оптимизации на всех этапах жизненного цикла объекта:

- ***проектирования*** (рациональные планировки);
- ***строительства*** (применение эффективных технологий);
- ***материально-технического обеспечения*** (современные материалы);
- ***инженерного оснащения*** (регулирование потребления ресурсов).

Практика комфортных поселений апробированная на практике и сформулированная в Хартии Нового урбанизма, с акцентом на устойчивое развитие и социальную инклюзивность, применяется к любому классу проживания: «пешеходная доступность, смешанное использование, традиционная структура соседства, устойчивое развитие, разнообразие застройки, сбалансированная с пешеходным и иным передвижением транспортная система, уважение к традициям и культуре; интеграция исторического наследия в современное развитие; экологически целесообразные технологии; комфортные общественные пространства; эффективность использования территории; человеческий масштаб; «матрица возможностей»; демократическое управление». [12, разделы 1—10]. Мировым тенденциям соответствуют подходы внимания к месту, экологическая безопасность и энерго эффективность, создание единой концепции застройки и ландшафта, гармоничное взаимодействие жилых общественных и рекреационных зон. В российской научной литературе изучалось качество элитных поселков: «Архитектор при проектировании элитных поселков сохраняет жизненный стандарт, при котором переезд из города в пригородные районы не несет изменений повседневного быта» [7, с. 1776]. Но для поселков бизнес и эконом-класса средовые решения также должны обеспечивать модель запроса на качественное улучшение жизни. Новыми трендами в России считаются малоэтажные жилые комплексы (МЖК), сочетающие различные форматы застройки, а так же гибридные малоэтажные поселения. «Градостроительное осмысление этого тренда приводит нас к новым планировочным концепциям, основанным на прогрессивных технологиях, экономии ресурсов и прогнозных социально-культурных запросах» [6, с. 200]. Анализ опыта проектирования к. п. бизнес и эконом-класса на Юге России показал, что архитектурное и средовое решение большинства из них создаётся вне прогрессивных тенденций. В поселках эконом-класса отсутствуют объемно-пространственные и архитектурно-дизайнерские концепции, основы устойчивого развития, они имеют ограниченную инфраструктуру и энтропию пространств и объектов.

Качество среды в коттеджных посёлках бизнес-класса находится на более высоком, но не достаточном уровне. Лишь в некоторых из них есть объекты для дополнительного развития населения, различные современные сервисы. Редким примером к.п. бизнес-класса с качественной современной архитектурной средой является «Новая Елизаветка» в Краснодаре.

Выходом из проблемной ситуации, может быть внимание к многообразию пространственных морфологий исторически сложившихся региональных малых поселений, к разнообразию их пространственных архетипов, культурным и социальным особенностям, особым технологиям строительства, что приведет к увеличению разнообразия концепций и расширению художественных возможностей. Современный к.п. должен формироваться с учетом как региональных особенностей, так и глобальных цивилизационных норм. ***Региональные аспекты*** включают: природно-климатические условия, пространственные морфотипы, ментальные особенности, вернакулярные традиции, культурные контексты, а также экономический и социальный потенциал региона. ***Глобальные нормы*** комфорта предполагают устойчивые решения, инновационные технологии и инженерные системы. При этом оба подхода должны разрешать проблему идентичности, которая «может трактоваться как проблема поиска возможностей и механизмов, палитры средств, способствующих сохранению или рождению идентичности. Существует то, что служит символом тождества, сохраняется как образ постоянства и наследуется» [4, с. 13].

Региональный опыт организации пространства казачьих станиц даёт современным проектам не только эстетическую основу, но и проверенные временем принципы организации среды. Учет этого опыта позволит создавать коттеджные посёлки, которые будут не только комфортными и экологичными, но и по-настоящему «живыми», с прочной связью с местом и его историей. Пространства казачьих поселений и подворий были обусловлены климатом, разливами рек, образом пограничной жизни, ментальностью проживающих этносов. В основе планировок исторических казачьих станиц Дона лежит ***«объёмно-пространственный сюжет» —*** система, где природный ландшафт, планировка, архитектурно-композиционное ядро (например, храм, площадь, торговые ряды), силуэт и семантический каркас (места памяти, традиции) образуют целостную структуру [2, с. 9—10;103—105]. Объемно-пространственный сюжет предлагается применить при проектировании новых к. п. Юга России, в том числе в Каменск-Шахтинском (в прошлом станица Каменская). Этот принцип может быть реализован через: силуэтное развитие застройки вдоль водоёмов, её плановость на склонах; формирование композиционных центров: площадей, общественных садов, видовых площадок; учёт речной, степной и променадной осей восприятия; выявление мест для храма, сада, бульвара, общепоселкового центра; развитую планировочную структуру улиц, связанную с окружением.

Традиционные казачьи поселения имели открытый и дружелюбный характер среды, направленной на общение этноса и взаимодействие с природными константами. Этот принцип можно заложить в новых к.п. через: пейзажность, создание мест для совместного досуга: зон для праздников и общения; сочетание разнообразной планировки улиц и общественных пространств.

Казачьи поселения строились с учётом природных факторов: рек, рельефа, ветровых потоков, плодородия почв. Этот принцип в новых поселениях проявится через: биобаланс природной и антропогенной среды; включение водных объектов, сохранение ценного ландшафта, создание зелёного каркаса.

В станицах важную роль играла социальная инфраструктура-общественные пространства самоуправления, обмена товарами и услугами. В новых посёлках этот принцип может быть реализован через: создание площадей и общественных центров для соседского и межпоколенческого общения, культурного, спортивного, делового досуга, административного и соучаствующего управления, торгово- сервисного обслуживания.

Казачьи станицы выделялись архитектурным обликом и идентичностью, традициями строительства, уровнем ремёсел, особым отношением к пространству. В новых к.п. этот принцип может проявиться: в самобытной современной архитектуре, в создании достопримечательностей, разработке дизайн-кода, в создании уникальных объектов-символов; использовании традиционных форм и материалов. «Дизайн-код должен быть внедрен с учетом комплексного подхода к развитию или преображения территории и покрывать целостный участок, который сочетает в себе общие признаки». [10, с. 66]. С учетом специфики к.п. дизайн код должен разрабатываться и внедряться на четырех уровнях: гипер уровень – весь к.п.; макро уровень – общественные пространства посёлка; мезо уровень – улица; микро уровень – личное подворье. Город Каменск-Шахтинский на Северском Донце, имеет ценные региональные традиции пространственного образования, что должно использоваться в развитии города и его к.п. Расположенный в окрестностях парк «Лога» и сам город демонстрируют приемы разнообразного взаимодействия с ландшафтом. Поэтому концепция новых к. п. в Каменск-Шахтинске рассматривает ландшафт и дендрологию как брендовую структуру для создания их архитектурно-художественного облика. Название Каменск связано с каменистой местностью расположения первого поселения на реке Каменка, сегодня и с каменными карьерами, в части которых образовались озера и формируются уникальные туристические зоны отдыха. Поэтому природный камень в благоустройстве к.п. выступает как брендовый материал.

Для к.п. Юга России актуален ландшафтно-экологический метод при котором природный ландшафт становится основой проектной стратегии. «Экологический аспект отражается в разумном природопользовании, основанном на сохранении природного и ландшафтного потенциала участка, бережного отношения к существующей экосистеме, озеленению и водным объектам в процессе освоения территории» [5, с. 52]. С учетом изменений климата региона, создание в к.п экологического каркаса становится актуальным и выступает компенсатором основного города. Экологический каркас предполагает «в качестве основной функции зеленой инфраструктуры (ЗИ) способность удерживать осадки» [1, с .111].

Традиционно в исторических станицах: Каменской, Раздорской, Вешенской существовали общественные сады, очевидно этот тип следует интегрировать структуру пространств малых поселений. В структуре к.п. зеленый каркас с опорой на сады может формироваться как особая структура: сад домовладения; придомовой полисад; сад фрагмента жилой застройки или квартала; центральный сад поселка; линейная цепочка садов вдоль водоема, балки. Здесь возможна цепочка тематических садов, связанная с историей, традициями, новыми образами жизни и досуга. Линейные сады являются важной основой экологического каркаса. Для к. п. в структуре Каменск-Шахтинска, с учетом нерешенных экологических проблем предложена структура экокаркаса с опорой на традиционную типологию сада.

Таблица 1
Структура экокаркаса к.п. в г. Каменск-Шахтинский

№	Тип сада/парка	Расположение	Размер /Параметры	Назначение и особенности
1	Сад домовладения	На участке-(личный сад)	20–50 м²	Озеленение, личное пространство, отдых
2	Придомовой полисад	Вдоль участка, перед домом	Ширина 1,25–1,5 м, длина до 10 м²	Декоративная функция, зонирование, общение с ближайшими соседями
3	Сад фрагмента жилой застройки к.п.	В центре квартала	20–30 м сторона, до 400 м²	Шаговая доступность (≤400 м), детская и досуговая площадка, место для встреч
4	Центральный сад к.п.	В центре поселения	200–300 м сторона, до 6000 м²	Общественное пространство с рекреационной, игровой, спортивной, коммуникативной, межпоколенческой, выставочной и иной досуговой деятельностью, дендрология с местными и символическими породами, культурно-деловой обмен
5	Линейный парк вдоль водоема	Вдоль речки, ручья, пруда, балки	Определяется природным ландшафтом, зоной охраны и застройки	Тематические сады, экологический каркас, компенсаторная роль по отношению к городу, досуговые рекреационные, спортивные, выставочные зоны.

В качестве линейной зеленой структуры в к. п. так же может выступать бульвар с досуговыми площадками для населения, особыми ландшафтными композициями, памятными местами. «Сады и парки — это не только элементы ландшафта, но и важные социальные и экологические активы, способствующие эстетическому воспитанию и качеству жизни горожан» [11, pp. 14—15].

В концепции к.п. города Каменск-Шахтинский прогноз портрета потребителя, выявил ***инновационность*** как важный фактор формирования. Город во многом типичен для малых и средних городов Юга России. В нем преобладает экономическая структура промышленного направления, отмечается большой процент изношенного фонда зданий, неразвитый уровень мелкого и среднего бизнеса и общественных городских пространств, критическое состояние объектов культурного наследия, экологическая проблематика, обезлюдивание, не раскрытый культурно-исторический и рекреационный потенциал. На территории города проходят магистрали М4 Дон, и трасса М 21 «Волгоград — Каменск-Шахтинский. Ж.д. линии связывают город с Москвой, Санкт- Петербургом. Автомобильные трассы, обеспечивают связь с краевыми и административными центрами: Краснодаром, Ростовом. Луганском. Город равноудален 30—90 км от шахтерских городов Донецка, Шахт, Красного Сулина, Новошахтинска. Транспортная обеспеченность и рекреационный потенциал города и его окрестностей благоприятствуют развитию в городе и поблизости зон ИЖС коттеджного типа. Проведенное мастер планирование и программы экономического развития Каменск-Шахтинского показали перспективы, связанные с созданием нового промышленного и туристического кластера, и креативными индустриями; развитием логистики и включением миграционных потоков из сопредельных территорий СВО. Выявленная проблематика и направления развития города, определили молодежь и профессиональные кадры как приоритетную основу портрета потребителя новых к.п. Социальная концепция к.п. предполагает основным потребителем молодых людей, ориентированных на IT технологии в быту, на работе, в том числе в секторе самозанятых. Эта целевая аудитория имеет определенные идеалы комфорта, связанные с инновационностью, экологичностью и возможностью саморазвития. Важную роль в концепции социальной модели поселка эконом класса играет ориентация на мало защищённые слои населения. Предлагается инклюзивная среда, экономичные типы блокированных домов и таун-хаузов, приближенные места приложения труда в гибридной застройке, детские образовательные и досуговые объекты.

Одним из проявлений инновационности предлагается создание основных объектов и благоустройства к.п. с использованием 3д печати и префабрик технологий. В структуру к. п. предлагается включить проектно-производственную площадку с 3Д принтерами, уже на этапе строительства, что обеспечит дополнительные рабочие места, сокращение стоимости и сроков строительства и благоустройства, поддержание и обновление качества среды.

Проблема низкого уровня благоустройства в к. п. эконом и бизнес-класса на Юге России может быть решена прежде всего за счёт единой концепции и снижения стоимости строительства основных объектов. Для этого предлагается применения эффективных строительных технологий таких как префабрик и 3д печать: «цифровые технологии являются наиболее эффективными способами для повышения рациональности работы и использования ресурсов в строительной сфере. Именно благодаря данным технологиям происходит автоматизация различных процессов и появляется возможность значительного удешевления строительства» [8, с. 23]. Аддитивное строительство открывает новые горизонты в области архитектурного дизайна, идентичности и экологической устойчивости. Эти технологии могут применяться при производстве основных зданий, а также элементов благоустройства, формирования ландшафта, уличной мебели и МАФ.

Результаты и обсуждение

Проведённые исследования позволили: расширить определение к.п., выявить основные направления комплексного архитектурного формирования и средовые характеристики которые должны определять качество среды к. п. бизнес и эконом-класса на Юге России во второй четверти 21 века. На примере к. п. города Каменск-Шахтинский рассмотрено применение методики комплексного подхода к созданию его концепции, выявлены принципы комплексности и комфортности архитектурно-дизайнерской среды.

Принципы комплексности

1. ***Мастер-план и Многоуровневый дизайн-код: от посёлка до личного подворья:*** определяют этапы развития, гармонию и идентичность среды.

2. ***Гибкие системы:*** интеграция жилых, общественных, рекреационных, транспортных, пешеходных зон с учётом региональных традиций, современных подходов и тенденций.

3. ***Композиционная структура:*** эффективная организация путей, зелёного каркаса, ландшафта, доминантных и акцентных пространств и объектов, дополнение композиции оборудованием, предметным наполнением среды и дендрологией.

4. ***Инновационность:*** энергоэффективные инженерные и цифровые технологии, рациональное использование ресурсов, эффективные строительные технологии префабрик и 3д печать.

5. ***Разнообразие жилья:*** сочетание коттеджей, таунхаусов, разно блокированных домов, секционной и гибридной застройки.

6. ***Полифункциональность:*** общественные пространства для всех возрастов, социального и культурного развития; общественные здания различной гибридизации социально- культурно-спортивно-досугового направления.

7. ***Устойчивость и адаптивность:*** экологическая устойчивость, адаптивность к климату, социальная инклюзивность.

8. ***Сервисная инфраструктура:*** шаговая доступность площадок общения и отдыха, детских, торговли и обслуживания первой необходимости. Наличие парковок и обслуживания авто и ИСМ, каршеринга.

9. ***Достопримечательности:*** уникальные объекты для формирования идентичности.

10. ***Ландшафтно-экологический подход:*** пейзажность, эстетизация взаимодействия с ландшафтом, экологический каркас на основе типологии сада.

Принципы комфортности

1. ***Гармоничность:*** единая градостроительная архитектурная и дизайнерская концепция, соразмерность, согласованность элементов.

2. ***Функциональное зонирование:*** рациональное размежевание и гибкое взаимодействие территорий к. п., качественная организация маршрутов.

3. ***Учёт природных факторов:*** температуры, рельефа, инсоляции, ветров, гидрогеологии.

4. ***Экологичность:*** энергоэффективность, сохранение природы, биоразнообразие, очистка воды и переработка и утилизация отходов.

5. ***Безопасность и доступность:*** благоустроенность, освещение, видеонаблюдение, охрана, доступность для маломобильных.

6. ***Транспортная обеспеченность:*** комфортная связь с городом, развитая авто и вело инфраструктура.

7. ***Качественное наполнение среды:*** МАФ, элементы благоустройства.

Комплексность обеспечивает структурную целостность, инновационность и разнообразие среды коттеджного посёлка. Комфортность формирует условия для высокого качества жизни через гармонию, доступность, безопасность и экологичность. Созданная концепция экспериментального коттеджного поселка в городе Каменск-Шахтинский показывает эффективность метода и возможность масштабирования его для концептуального проектирования к. п. в других малых и средних городах Юга России. Дальнейшая работа предполагает стадию проектное моделирование, которая потребует конкретики тематизации концепции, связанной с характеристиками участка.

Заключение

Методика Комплексного подхода к проектированию архитектурно-дизайнерской среды коттеджных посёлков бизнес и эконом- класса на Юге России позволяет преодолеть энтропийные тенденции, повысить градостроительное, архитектурное и дизайнерское качество среды к.п., обеспечить устойчивое развитие и формирование его идентичности. Важно учитывать региональные особенности и опыт, дух места, современные тенденции, инновационные технологии и потребности населения. Такой подход способствует созданию современной, комфортной, безопасной и эстетически привлекательной среды проживания.

Литература

1. Андреева Екатерина Сергеевна Методология внедрения элементов зеленой инфраструктуры в градостроительные решения для управления дождевой водой // Городские исследования и практики. 2025. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-vnedreniya-elementov-zelenoy-infrastruktury-v-gradostroitelnye-resheniya-dlya-upravleniya-dozhdevoy-vodoy (дата обращения: 18.05.2026). С.111
2. Бергман, А. В. Объёмно-пространственный сюжет казачьей станицы: структура и историко-культурные слои : диссертация / А. В. Бергман. — Санкт-Петербург, 2024. — Режим доступа: https://dis.spbgasu.ru/file/7051/download?token=1HV8IrAi. — Дата обращения: 14.03.2026. С. 9-10; 103-105.
3. Гусева, Г. В. Совершенствование механизма комплексного развития территорий жилой застройки на региональном уровне и операций с недвижимостью : автореферат диссертации кандидата экономических наук / Г. В. Гусева. — Иркутск, 2023. — Режим доступа: http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-mehanizma-kompleksnogo-razvitiya-territoriy-zhiloy-zastrojki (дата обращения: 15.05.2026). С.19
4. Есаулов, Г. В. Об идентичности в архитектуре и градостроительстве // Academia. Архитектура и строительство. — 2018. — № 4. — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ob-identichnosti-v-arhitekture-i-gradostroitelstve. — Дата обращения: 15.05.2026. С.13
5. Кондратьева, Я. С. Особенности проектирования коттеджных посёлков в соответствии с принципами устойчивого развития / Я. С. Кондратьева, Е. К. Булатова // elar.urfu.ru. — 2023. — Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/126094/1/rjcst-2023-1-05.pdf. — Дата обращения: 03.05.2026. С. 52
6. Морозова, М. В. Градостроительная программа гибридных поселений / М. В. Морозова, А. В. Крашенинников // AMIT. — 2025. — № 4 (73). — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnaya-programma-gibridnyh-poseleniy. — Дата обращения: 03.05.2026. С. 200
7. Николаенко Д.В., Молчанова К.Э. Архитектурное формирование высококачественного малоэтажного жилища в рамках элитного посёлка // Вестник науки №5 (86) том 4. С. 1773 - 1779. 2025 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: https://www.вестник-науки.рф/article/23492 (дата обращения: 17.05.2026 г.) С. 1776
8. Свинцов Е. В., Петренева О. В. СТРОИТЕЛЬНЫЕ 3D-ПРИНТЕРЫ И ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Архитектура, строительство, транспорт. 2023. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelnye-3d-printery-i-ih-preimuschestva-pri-ispolzovanii-v-maloetazhnom-stroitelstve (дата обращения: 18.05.2026). С. 23
9. Саянов А. А. Географические факторы формирования коттеджных поселков в России : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.24 / Саянов Алексей Андреевич. — М., 2014. — 24 с. С. 8
10. Щербинин Э. М. Дизайн-код как средство развития комфортной городской среды и способ формирования городской айдентики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. №. 2. С. 59-69. DOI: https://doi.org/10.34031/2071-7318-2024-9-2-59-69 (дата обращения: 17.05.2026). С. 66
11. Benedict M. A., McMahon E. T. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century // *Renewable Resources Journal*. — 2002. — Vol. 20, № 3 — P. 12–17. pp. 14–15
12. Congress for the New Urbanism. Charter of the New Urbanism. New York City: McGraw Hill Professional, 2013. (разделы 1–10)

An integrated approach to the design of the architectural environment of cottage settlements in the south of Russia (on the example of the city of Kamensk-Shakhtinsky)

Reznitskaya L.M., Kharseeva V.M.
Southern Federal University (SFU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article analyzes the problems, modern methods, and approaches to designing a comfortable environment for cottage settlements (*CS*) of business and economy class in the South of Russia. Particular attention is paid to integrated and regional approaches that allow for improving the quality of the architectural environment of *CS*, ensuring cost-effectiveness, identity, and sustainable development. The aim of the work is to identify the principles of comprehensiveness, comfort, and regional values, and on this basis to develop a methodology for a design approach and a concept for a cottage settlement in Kamensk-Shakhtinsky, Rostov region.

As a result, the key directions and environmental characteristics for business- and economy-class cottage settlements in the South of Russia were identified. The principles of comprehensiveness and comfort were revealed, and the regional value foundations were identified. On this basis, the concept of *CS* in Kamensk-Shakhtinsky was developed, and a methodology for the integrated formation of the environment was proposed. The experimental concept *CS* in Kamensk-Shakhtinsky can be scaled for *CS* in other small and medium-sized cities in the region.

Keywords: cottage settlement, architectural environment, comprehensiveness, comfort, regional aspect, landscape-ecological method, innovation, principles, concept.

References

1. Andreeva, E. S. (2025). *Methodology for the Implementation of Green Infrastructure Elements in Urban Planning Solutions for Rainwater Management*. Urban Studies and Practices, 2, 111. Retrieved May 18, 2026, from https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-vnedreniya-elementov-zelenoy-infrastruktury-v-gradostroitelnye-resheniya-dlya-upravleniya-dozhdevoy-vodoy
2. Bergman, A. V. (2024). *Volumetric and Spatial Plot of a Cossack Settlement: Structure and Historical-Cultural Layers* (Dissertation). Saint Pyotrsburg. Retrieved March 14, 2026, from https://dis.spbgasu.ru/file/7051/download?token=1HV8IrAi. pp. 9–10; 103–105.
3. Guseva, G. V. (2023). *Improvement of the Mechanism for Integrated Development of Residential Areas at the Regional Level and Real Estate Transactions* (Abstract of Ph.D. thesis). Irkutsk. Retrieved May 15, 2026, from

http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-mehanizma-kompleksnogo-razvitiya-territoriy-zhiloy-zastrojki. p. 19.
4. Esaulov, G. V. (2018). *On Identity in Architecture and Urban Planning*. Academia. Architecture and Construction, 4, 13. Retrieved May 15, 2026, from https://cyberleninka.ru/article/n/ob-identichnosti-v-arhitekture-i-gradostroitelstve
5. Kondratyeva, Y. S., & Bulatova, E. K. (2023). *Features of Designing Cottage Settlements in Accordance with the Principles of Sustainable Development*. elar.urfu.ru. Retrieved May 3, 2026, from https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/126094/1/rjcst-2023-1-05.pdf. p. 52.
6. Morozova, M. V., & Krasheninnikov, A. V. (2025). *Urban Planning Program of Hybrid Settlements*. AMIT, 4(73), 200. Retrieved May 3, 2026, from https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnaya-programma-gibridnyh-poseleniy
7. Nikolaenko, D. V., & Molchanova, K. E. (2025). *Architectural Formation of High-Quality Low-Rise Housing within an Elite Settlement*. Bulletin of Science, 86(4), 1773–1779. ISSN 2712-8849. Retrieved May 17, 2026, from https://www.вестник-науки.рф/article/23492. p. 1776.
8. Svintsov, E. V., & Pyotreneva, O. V. (2023). *Construction 3D Printers and Their Advantages in Low-Rise Construction*. Architecture, Construction, Transport, 2, 23. Retrieved May 18, 2026, from https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelnye-3d-printery-i-ih-preimuschestva-pri-ispolzovanii-v-maloetazhnom-stroitelstve
9. Sayanov, A. A. (2014). *Geographical Factors in the Formation of Cottage Settlements in Russia* (Abstract of Ph.D. thesis in Geography: 25.00.24). Moscow. p. 8.
10. Shcherbinin, E. M. (2024). *Design Code as a Means of Developing a Comfortable Urban Environment and a Method for Forming Urban Identity*. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2, 59–69. DOI: https://doi.org/10.34031/2071-7318-2024-9-2-59-69 (Accessed: May 17, 2026). p. 66.
11. Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. *Renewable Resources Journal*, 20(3), 12–17. pp. 14–
12. Congress for the New Urbanism (Ed.). (2013). *Charter of the New Urbanism*. New York City: McGraw Hill Professional. (Sections 1-10)

Зоны влияния транспортно-пересадочных узлов на примере ТПУ «Московский проспект» в г. Санкт-Петербург

Семенова Ульяна Николаевна
магистрант, кафедра градостроительства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Боброва Елена Геннадьевна
старший преподаватель, кафедра градостроительства, член САР, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, spbgrado@spbgasu.ru

В данной статье рассматривается понятие «зоны влияния транспортно-пересадочного узла», проводится анализ его теоретического обоснования в современных научных работах, определяются границы разнообразных зон влияния, предложенные различными авторами. На основе сравнительного анализа выявляются общие закономерности существующих моделей, а также предпринимается попытка устранения имеющихся противоречий. Формулируются обобщенные определения, релевантные для условий Санкт-Петербурга. Представленный материал способствуют углублению понимания функциональных особенностей территорий, расположенных в зонах влияния современных комплексных ТПУ, а также выявлению ключевых аспектов их организации. Полученные результаты могут быть применены при проектировании новых объектов, градостроительной реконструкции и реновации в зоне влияния ТПУ, а также при прогнозировании и классификации моделей транспортно-пересадочных узлов.

Ключевые слова: Зона влияния, транспортно-пересадочный узел, транспортный узел, хаб, комплексный транспортный узел, структурно-функциональный анализ, взаимодействие производственных территорий с городским окружением.

В отечественной науке исследование различных типов транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) и их зон влияния представлено в работах ряда авторов. Так, М.Л. Петрович, Н.Н. Шестернева, М.А. Жеблиенок и А.С. Баранов рассматривают ТПУ в контексте формирования городских транспортно-коммуникационных коридоров [1]. Г.Б. Поповская в своем диссертационном исследовании анализирует узлы городской структуры, включая их расположение в промышленных зонах [2]. Современные подходы к определению понятия ТПУ в условиях конкретного города освещены в работе М.В. Владыкиной и Т.Л. Вальтеран на примере Новосибирска [3]. Наиболее фундаментальные исследования в данной области принадлежат Д.Н. Власову, который в своей докторской диссертации разработал научно-методологические основы развития агломерационных систем ТПУ [4], а впоследствии обобщил эти наработки в монографическом исследовании [5].

Для определения радиуса зоны влияния транспортно-пересадочного узла анализируются множество факторов, влияющих на доступность и привлекательность узла как для пассажиров, так и для автотранспорта. Основные параметры, которые помогают установить это значение, включают в себя плотность населения, параметры транспортных сетей, социально-экономические характеристики территории, а также тип и значимость самого узла.

Проблемой в исследованиях зон влияния ТПУ остается отсутствие единого подхода к установлению их пространственных границ, что осложняет анализ влияния узлов на транспортные потоки, территориальное планирование и инфраструктурную организацию. Неоднозначность критериев – таких как функциональное наполнение и пассажиропоток, а также разрозненность изначальных данных, затрудняют точное определение границ зоны влияния. Это, в свою очередь, приводит к неэффективному использованию градостроительного потенциала узла. Решение данной проблемы требует разработки комплексной методики, учитывающей иерархию ТПУ, маршруты общественного и личного транспорта, движение пешеходов на территории, функциональное наполнение прилежащих территорий, а также точки притяжения вблизи ТПУ.

Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что в градостроительной практике чаще всего зона влияния ТПУ отсчитывается от ТПУ с условным радиусом 500 метров. Для разных видов транспорта в разных регионах это значение может варьироваться от 300 до 800 метров. Однако для более детального анализа территории следует применить методы, учитывающие больше факторов. В рамках исследования рассматриваются методы определения зон влияния транспортных узлов наземного транспорта, основанные на кольцевой модели [1] и статистическом анализе. В качестве объекта исследования выбран транспортно-пересадочный узел «Московский проспект» в Санкт-Петербурге.

Кластерный анализ проводится для классификации зон влияния. За основу типирования берется цена на землю вблизи станции. Кластеризация – это неиерархический метод кластерного анализа, который наиболее часто используется в области анализа данных. При методе кластеризации проводится деление n наблюдений на k кластеров. Используя расстояния между k центрами кластеров и n наблюдениями, мы относим наблюдения к близким центрам кластеров, повторяем вычисление центров кластеров по назначенным наблюдениям и минимизация расстояния между всеми наблюдениями и назначенными центрами кластеров. Этот метод подходит для большинства форм данных и прост в применении, так как не требует специальных преобразований, но требует предварительной настройки количества кластеров.

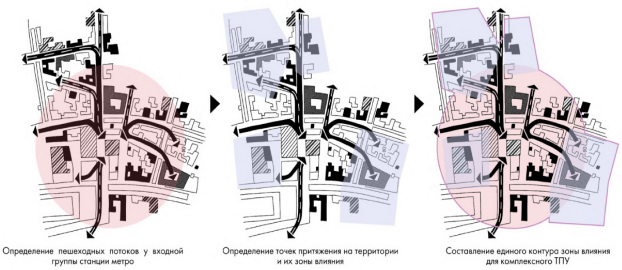


Рисунок 1. Поэтапное представление этапов определения зоны влияния ТПУ по кластерной модели

В исследовании «Study on the Definition of the Influence Area of the Station and the Prediction of the Traffic Mode Sharing Rate» автора Shuangzhou Guo описана методика, основанная на кольцевой модели (циркулярной диаграмме). Данный метод применяется для пересадочных станций наземного городского транспорта.

Общая характеристика сети кольцевых линий – это путь двух линий или более одного аспекта пересечения в петле. Предполагается, что две пересекающиеся линии имеют перпендикулярные диаметры, звено представляет собой стандартный круг, центр круга находится на две горизонтальные линии пересечения (рис. 2).

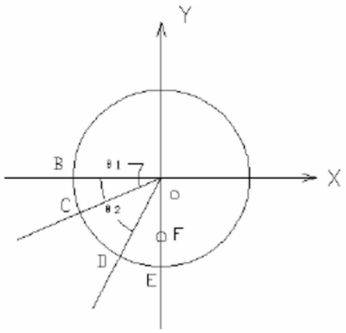


Рисунок 2. Стандартная циркулярная диаграмма

В мировой практике определение границ зон влияния транспортно-пересадочных узлов тесно связано с их типологией, уровнем интеграции в городскую структуру и интенсивностью пассажиропотоков. Показательным примером являются узлы, расположенные на линии Tung Chung Line системы Hong Kong MTR, где реализована модель транзитно-ориентированного развития (TOD) (рис. 3). Крупные ТПУ, такие как Hong Kong Station и Kowloon Station, характеризуются многоуровневой интеграцией транспортных и общественно-деловых функций. Их зоны влияния выходят за пределы пешеходной доступности и могут достигать 1,5–2 км, формируя полицентры городской активности с высокой плотностью застройки, концентрацией офисных, торговых и жилых функций, а также развитой системой пешеходных и транспортных связей.

Рисунок 3. Расположение крупных ТПУ на линии Tung Chung Гонконгского метрополитена. Принятый радиус зоны влияния – 1,5-2 км

В то же время зона влияния станции Tsing Yi Station демонстрирует иной масштаб и структуру, соответствующие ТПУ более низкого уровня в типологии (рис. 4). Несмотря на наличие пересадок между линиями и интеграцию с торговыми и жилыми комплексами, радиус её устойчивого влияния, как правило, ограничивается 500–800 м и определяется преимущественно пешеходной доступностью. В данном случае развитие носит более локальный характер, с акцентом на обслуживание прилегающих жилых районов и формирование компактной среды повседневной активности. Сопоставление этих примеров показывает, что границы зон влияния ТПУ напрямую зависят от их функциональной насыщенности, транспортной роли и положения в системе городского расселения, что необходимо учитывать при разработке градостроительных решений.

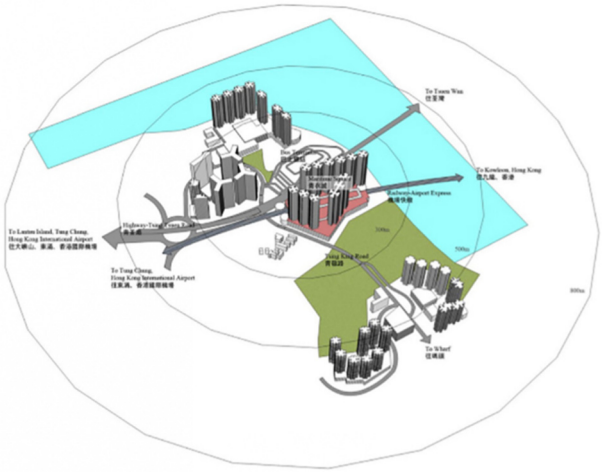


Рисунок 4. Зона влияния станции Tsing Yi Гонконгского метрополитена в аксонометрии. Автор: Yang Ke

В научной литературе представлены различные подходы к классификации транспортно-пересадочных узлов (ТПУ). В частности, Guo Shuangzhou в своем исследовании предлагает методологию определения зоны влияния станций и прогнозирования доли использования различных видов транспорта, что имеет важное значение для понимания функциональных характеристик ТПУ [3] (рис. 5).

1. Межрегиональные мультимодальные хабы (высший уровень)

Эти узлы представляют собой крупнейшие транспортные комплексы страны. Их функциональное наполнение включает междугородний транспорт (авиаперевозки, железнодорожное сообщение дальнего следования), городской транспорт (метрополитен, автобусные линии), а также развитую сопутствующую инфраструктуру - гостиницы, бизнес-центры, торгово-развлекательные комплексы и логистические терминалы. Занимая площадь более 50 гектаров, они отличаются максимальной сложностью структуры, включающей многоуровневые пространства и автоматизированные системы управления пассажиропотоками. Типичные примеры - аэропорт Шереметьево в Москве или Московский вокзал в Санкт-Петербурге.

2. Городские мультимодальные узлы (высокий уровень)

Этот тип транспортно-пересадочных узлов обладает значительным функциональным потенциалом, объединяя в едином пространственном решении: мультимодальную транспортную инфраструктуру, включающую линии метрополитена, систему пригородного железнодорожного сообщения, маршруты скоростного наземного транспорта, сопутствующие общественно-деловые функции: объекты торгового обслуживания (включая торговые галереи), офисно-административные помещения.

Такая интеграция, как отмечается в исследованиях [1,3,5], способствует формированию полицентричной городской структуры и повышению транспортной доступности территорий. Характерной особенностью является наличие перехватывающих парковок (P+R). Занимая площадь от 10 до 50 гектаров, такие узлы имеют высокую степень сложности организации, включая интегрированные пересадочные платформы и развитые системы навигации. Примеры - транспортно-пересадочный узел "Ладожская" в Санкт-Петербурге или станция "Выхино" в Москве.

3. Районные пересадочные узлы (средний уровень)

Эти объекты обслуживают отдельные городские районы. Их функциональное наполнение включает основные виды городского транспорта (метро, автобусы, трамваи), ограниченное количество торговых точек и элементы социальной инфраструктуры (поликлиники, школы). При площади от 3 до 10 гектаров они характеризуются средней сложностью структуры с четко обозначенными пересадочными контурами, но ограниченным набором дополнительных функций. Типичные представители - станция метро "Проспект Просвещения" в Санкт-Петербурге или "Братиславская" в Москве.

4. Локальные пересадочные пункты (базовый уровень)

Обслуживающие отдельные микрорайоны, эти узлы предлагают минимально необходимый набор функций: пересадку между маршрутными такси и автобусами, велоинфраструктуру и базовые сервисы (киоски, аптеки). Занимая площадь от 1 до 3 гектаров, они имеют простую линейную организацию с минимальными требованиями к пересадочным процессам. Такие объекты массово представлены в спальных районах крупных городов.

5. Микроузлы (точечный уровень)

Наиболее простые элементы транспортной системы представляют собой одиночные остановки с возможностью пересадки на 1-2 вида транспорта. Их функционал ограничен информационными стойками, площадь не превышает 1 гектара, а структура отличается элементарной организацией без сложных инженерных решений. Такие объекты характерны для периферийных городских районов.

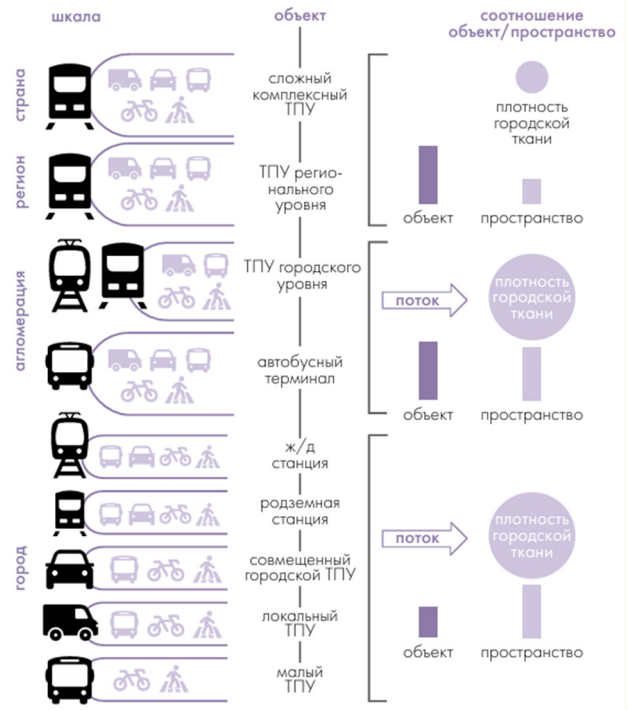


Рисунок 5. Иерархия ТПУ в зависимости от вида городского транспорта и соотношения объект/пространство

При этом стоит отметить, что современные транспортно-пересадочные узлы в России существенно отличаются от традиционных транспортных объектов, таких как железнодорожные и автомобильные вокзалы. ТПУ обладают множеством характеристик, свойственных общественным зданиям, что позволяет эффективно интегрироваться в городскую среду. Их планировочная структура играет ключевую роль в формировании функционального каркаса территорий, на которых они расположены, не только выполняя транспортные функции, но и служа драйверами урбанизации окружающих районов. Вокруг таких узлов формируются новые общественные центры, коммерческие объекты и места трудовой занятости.

В качестве примера мультифункционального транспортно-пересадочного узла рассмотрим ТПУ «Московский проспект» расположенный в южной части Санкт-Петербурга. С градостроительной точки зрения, данный ТПУ относится к типу внутригородских узлов районного и межрайонного значения, формирующих зону повышенной деловой и общественной активности вдоль магистрали. Данный ТПУ является ключевым элементом транспортной инфраструктуры города – он обеспечивает мультимодальную интеграцию различных видов транспорта, включая метрополитен, наземный общественный транспорт (автобусы, трамваи, маршрутные такси), а также индивидуальный автомобильный транспорт.

Расположенная на расстоянии 100 м от ТПУ, станция «Московские ворота» обеспечивает связь с центральными и северными районами города. Выходы со станции метро интегрированы с пешеходными переходами и остановочными пунктами наземного транспорта. Площадь Московские Ворота является важным транспортным узлом, через который проходят крупные магистрали: Московский проспект, Лиговский проспект, набережная Обводного канала (рис. 6).

Рисунок 6. Транспортная схема на прилегающих территориях ТПУ «Московский проспект» с расположением остановок общественного транспорта. Принятый радиус зоны влияния – 500 м

По функциональному наполнению данный ТПУ можно разделить на следующие части:

1. Транспортно-пересадочная зона – включает вестибюли метро, остановки наземного транспорта, пешеходные переходы и зоны ожидания.

2. Зона коммерции и делового центра – торговые комплексы, предприятия сферы услуг и офисные помещения, расположенные вблизи ТПУ, формируют зону высокой деловой активности. Наличие объектов розничной торговли и общественного питания повышает привлекательность узла для пассажиров.

3. Жилая застройка – многоэтажные жилые массивы в радиусе 500–1000 м от ТПУ формируют устойчивый пассажиропоток. Плотность населения в прилегающих кварталах влияет на нагрузку на транспортную инфраструктуру.

4. Промышленно-складская зона – к югу от узла расположены промышленные предприятия и логистические комплексы, что создаёт дополнительный грузопоток и потребность в транспортном обслуживании.

5. Рекреационные и общественные пространства – скверы, пешеходные зоны и объекты культурного наследия (например, триумфальная арка «Московские ворота») формируют среду, влияющую на поведение пешеходных потоков.

Таким образом, ТПУ «Московский проспект» представляет собой сложный мультимодальный узел, органично встроенный в структуру городской среды и выполняющий функции не только транспортного, но и общественно-делового центра. Выявленная функциональная структура отражает тесную взаимосвязь транспортной инфраструктуры с характером землепользования и интенсивностью социально-экономических процессов на прилегающих территориях. Повышение эффективности функционирования узла требует комплексного учета пространственного развития застройки, изменений пассажиропотоков и совершенствования организации пересадочных связей, что в совокупности обеспечивает более сбалансированное и устойчивое развитие данной территории.

Анализ отечественного и зарубежного опыта, а также классификаций транспортно-пересадочных узлов позволил сформировать следующий алгоритм определения зон влияния исследуемого ТПУ:

1. Сбор и подготовка исходных данных: проектные предложения размещения станций наземного метрополитена, актуальные картографические материалы, данные об улично-дорожной сети, а также геоданные по объектам обслуживания и населению;

2. Выявление и классификация основных элементов и узлов линии наземного метрополитена с представлением результатов в виде схемы;

3. Определение градостроительного каркаса территории на основе сопоставления и комплексной обработки картографических материалов с последующей визуализацией в виде схемы;

4. Загрузка и обработка пространственных данных в среде QGIS, включая функциональное зонирование территории;

5. Определение зоны влияния транспортных узлов с использованием кольцевой модели;

6. Построение изохрон транспортной и пешеходной доступности по улично-дорожной сети (для сложных транспортных узлов);

7. Проведение градоэкономического анализа территории в пределах выявленной зоны влияния (по кольцевой методике), оценка градостроительной ценности и уточнение границ зоны влияния с применением кластерной модели;

8. Представление результатов в виде картограммы, отражающей рассчитанный ареал влияния транспортных узлов линий наземного метрополитена с учетом их классификации.

Рассмотренные в статье подходы к определению границ зон влияния транспортно-пересадочных узлов позволяют структурировать принципы дифференциации прилегающих территорий и уточнить алгоритм их анализа. Применение предложенных методов обеспечивает более точное выделение функциональных зон, способствует оптимизации пассажиропотоков и снижению нагрузки на улично-дорожную сеть, а также создает предпосылки для более эффективного использования градостроительного потенциала территорий в зоне влияния ТПУ. На основе алгоритма были определены зоны влияния ТПУ, находящихся в южных районах в г. Санкт-Петербург (рис. 7).

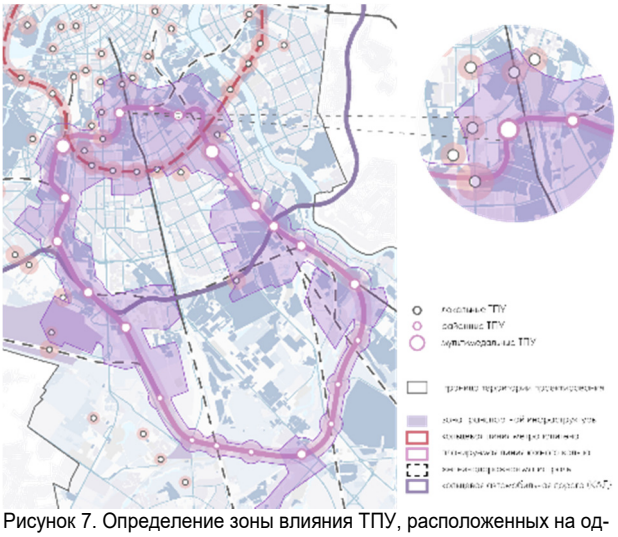


Рисунок 7. Определение зоны влияния ТПУ, расположенных на одной линии проектируемого наземного метро

Таким образом, научно обоснованное установление границ зон влияния ТПУ является инструментом комплексного освоения городских территорий и способствует их устойчивому развитию в долгосрочной перспективе. При этом важным условием повышения качества проектных решений является разработка и внедрение актуальной классификации ТПУ, учитывающей как количественные параметры (объемы пассажиропотоков), так и качественные характеристики (положение в структуре города, функциональная насыщенность и роль в транспортной системе). Гибкость и адаптивность такой классификации определяют эффективность интеграции ТПУ в городскую среду и их значимость как ключевых элементов транспортно-градостроительного каркаса.

Литература

1. Петрович, М. Л. О городских транспортно-коммуникационных коридорах / М. Л. Петрович, Н. Н. Шестернева, М. А. Жеблиенок, А. С. Баранов // Транспорт Российской Федерации. — 2014. — № 5 (54). — С. 39–45.
2. Поповская, Г. Б. Узлы городской структуры в пределах и на границах промышленных зон : дис. ... канд. архитектуры : 18.00.04 / Г. Б. Поповская. — Москва, 1989. — 118 с.
3. Владыкина, М. В. Понятие «транспортно-пересадочный узел» в контексте города Новосибирска / М. В. Владыкина, Т. Л. Вальтеран // Творчество и современность. — 2020. — № 1 (12). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-transportno-peresadochnyy-uzel-v-kontekste-goroda-novosibirska
4. (дата обращения: 10.03.2025).
5. Власов, Д. Н. Научно-методологические основы развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов (на примере Московской агломерации) : дис. ... д-ра техн. наук / Д. Н. Власов. — Москва : Московский государственный строительный университет, 2013. — 305 с.
6. Власов, Д. Н. Транспортно-пересадочные узлы : монография / Д. Н. Власов. — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — 192 с.
7. Guo, S. Study on the Definition of the Influence Area of the Station and the Prediction of the Traffic Mode Sharing Rate / S. Guo // Advances in Materials, Machinery, Electrical Engineering (AMMEE 2017). — 2017. — DOI: 10.2991/ammsa-17.2017.55.
8. Carmona, M. Place value: place quality and its impact on health, social, economic and environmental outcomes / M. Carmona // Journal of Urban Design. — 2018. — Vol. 24, № 1. — P. 1–48. — DOI: 10.1080/13574809.2018.1472523.
9. Liu, H. The construction and algorithm of attraction area model for rail transit station / H. Liu // Journal of Changsha Jiaotong University. — 2002. — № 9. — P. 482–485.
10. Liu, W. Study on the attraction region of the loop of the track traffic circle / W. Liu, H. Liu // Journal of Changsha Railway Institute. — 2002. — Vol. 20.
11. Bhatnagar, R. V. A study of influence zone for railway stations of different hierarchy in the Indian Railways: analyzing passenger travel patterns / R. V. Bhatnagar, S. Ram, R. Vardhan // Urban, Planning and Transport Research. — 2023. — Vol. 11, № 1. — DOI: 10.1080/21650020.2023.2212749.

Influence zones of transport interchange hubs on the example of thransport hub «Moskovsky Prospekt» in Saint Petersburg

Semenova U.N., Bobrova E.G.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the concept of the ‘catchment area of a transport interchange’, analyses its theoretical underpinnings in contemporary academic literature, and identifies the boundaries of various catchment areas proposed by different authors. Based on a comparative analysis, common patterns in existing models are identified, and an attempt is made to resolve existing contradictions. Generalised definitions relevant to the conditions in St Petersburg are formulated. The material presented contributes to a deeper understanding of the functional characteristics of areas located within the catchment zones of modern integrated transport hubs, as well as to the identification of key aspects of their organisation. The results obtained can be applied in the design of new facilities, urban redevelopment and renovation within the influence zone of transport hubs, as well as in the forecasting and classification of transport hub models.

Keywords: Area of influence, transport interchange, transport hub, complex transport hub, structural-functional analysis, interaction of industrial areas with the urban environment.

References

1. Petrovich, M. L. On urban transport and communication corridors / M. L. Petrovich, N. N. Shesternyova, M. A. Zhebliyenok, A. S. Baranov // Transport of the Russian Federation., 2014.S. 39–45.
2. Popovskaya, G. B. Nodes of the urban structure within and on the boundaries of industrial zones: PhD thesis in Architecture: 18.00.04 / G. B. Popovskaya. — Moscow, 1989.S. 118.
3. Vladykina, M. V. The concept of a ‘transport interchange’ in the context of the city of Novosibirsk / M. V. Vladykina, T. L. Valteran // Creativity and Modernity. — 2020. — No. 1 (12). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-transportno-peresadochnyy-uzel-v-kontekste-goroda-novosibirska (accessed: 10 March 2025).
5. Vlasov, D. N. Scientific and methodological foundations for the development of agglomeration systems of transport and interchange hubs (using the Moscow agglomeration as an example): PhD thesis in Engineering / D. N. Vlasov. — Moscow: Moscow State University of Civil Engineering, 2013.S. 305.
6. Vlasov, D. N. Transport Interchange Hubs: A Monograph / D. N. Vlasov. — Moscow: Moscow State University of Civil Engineering Press, 2017.S. 192.
7. Guo, S. Study on the Definition of the Influence Area of the Station and the Prediction of the Traffic Mode Sharing Rate / S. Guo // Advances in Materials, Machinery, Electrical Engineering (AMMEE 2017). — 2017. — DOI: 10.2991/ammsa-17.2017.55.
8. Carmona, M. Place value: place quality and its impact on health, social, economic and environmental outcomes / M. Carmona // Journal of Urban Design. — 2018. — Vol. 24, No. 1.S. 1–48. — DOI: 10.1080/13574809.2018.1472523.
9. Liu, H. The construction and algorithm of attraction area model for rail transit station / H. Liu // Journal of Changsha Jiaotong University. — 2002. — No. 9.S. 482–485.
10. Liu, W. Study on the catchment area of the loop of the track traffic circle / W. Liu, H. Liu // Journal of Changsha Railway Institute. — 2002. — Vol. 20.
11. Bhatnagar, R. V. A study of the catchment area for railway stations of different hierarchy in the Indian Railways: analysing passenger travel patterns / R. V. Bhatnagar, S. Ram, R. Vardhan // Urban, Planning and Transport Research. — 2023. — Vol. 11, No. 1. — DOI: 10.1080/21650020.2023.2212749.

Методы структуризации квартальной жилой застройки исторической части города на примере Москвы

Сиротин Владислав Ильич
аспирант, кафедра Архитектура жилых зданий; Московский архитектурный институт (Государственная академия), vl4dislavsirotin@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы преобразования крупной квартальной застройки в исторически сложившейся городской среде. Анализируются причины возникновения пространственных проблем, обусловленных укрупнением кварталов и недостаточной плотностью улично-дорожной сети. Разработана система методов структуризации территории, включающая градостроительные, объёмно-пространственные и функционально-планировочные решения. Представлена модель преобразования крупного квартала центра Москвы. Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке проектов реконструкции и развития больших кварталов в контексте города.

Ключевые слова: квартальная застройка, улично-дорожная сеть, реконструкция крупных жилых кварталов, морфология застройки, методы пространственной структуризации.

Введение

Современный этап развития крупных европейских городов все чаще сопровождается переходом от модели территориального роста к стратегиям пространственной интенсификации, ориентированным на повышение эффективности территорий. Ограниченность земельного фонда в сочетании с продолжающейся концентрацией населения в городских центрах формирует запрос на качественную трансформацию существующей застройки. В этой связи актуально переосмысление сложившихся структур городов, в том числе исторически сформированных центральных районов.

В структуре центральной и срединной части Москвы можно проследить выраженный морфологический дисбаланс, проявляющийся в сочетании укрупнённых кварталов с недостаточно развитым каркасом улично-дорожной сети (УДС). Подобная диспропорция негативно отражается на связности городских территорий, ограничивает возможности использования внутриквартального пространства и способствует возникновению обособленных участков, слабо интегрированных в систему городской активности. Вместе с тем значительная часть таких территорий обладает существенным градостроительным потенциалом и может отличаться более эффективным функциональным использованием.

Причины формирования рассматриваемой пространственной ситуации следует искать в особенностях историко-градостроительной трансформации Москвы, затронувшей прежде всего её квартально-планировочную организацию. В дореволюционный период развитие городской структуры носило эволюционный характер и основывалось на взаимосвязанном развитии застройки и уличной сети. Происходило последовательное членение кварталов на более мелкие элементы, что способствовало повышению проницаемости городской среды и формированию устойчивой системы локальных связей. После отмены института частной собственности регулирование данных процессов перешло в ведение государства. Акцент был смещён в сторону укрупнения застройки, тогда как развитие транспортно-коммуникационного каркаса зачастую не соответствовало масштабам преобразований. Дополнительным фактором стало исчезновение отдельных улиц и переулков, многие из которых были перекрыты или утрачены в ходе укрупненного строительства. Подобные процессы приводили в ряде случаев к деформации исторически сложившейся морфологии городской среды, ослаблению её связности и появлению крупных квартальных образований, характеризующихся низкой степенью пространственной интеграции.

Проблематика пространственной организации городской застройки, морфологических особенностей кварталов и механизмов их эволюции уже имеет освещение как в российской, так и в зарубежной научной литературе. Вместе с тем вопросы системной трансформации укрупнённых кварталов, расположенных в исторических границах города, до сих пор не сформированы в виде единой методологической концепции. Существующие исследования рассматривают отдельные аспекты реконструкции и уплотнения кварталов, однако преимущественно сосредоточены на решении локальных задач и не предлагают универсального проектного инструментария для работы с подобными пространственными нарушениями.

С учётом выявленных проблем особую научную и практическую значимость приобретает формирование системного представления о механизмах трансформации укрупнённых квартальных образований, нацеленных на повышение проницаемости городской среды, усиление её функционального разнообразия и восстановление пространственных характеристик, традиционно присущих исторически сложившейся городской ткани. Отдельного внимания требует разработка методов, учитывающих морфологию существующей застройки, а также архитектурно-планировочных решений, способствующих созданию целостной городской структуры, соразмерной потребностям и масштабу человека. Целью статьи является систематизация таких методов структуризации «рыхлой» квартальной застройки исторической части города.

Вопросы трансформации квартальной системы застройки центра Москвы

Квартальная структура практически любого города формируется под воздействием комплекса исторических, социально-экономических и управленческих факторов, определяющих характер её пространственной эволюции. На различных этапах городского развития изменения прин-

ципов землепользования, застройки и градостроительного регулирования находят непосредственное отражение в конфигурации кварталов и системе пространственных связей между ними. Ретроспективное исследование данных процессов позволяет установить причины формирования современных особенностей городской морфологии, а также выявить факторы, обусловившие возникновение пространственных несоответствий в структуре городской среды.

В историческом развитии Москвы можно выделить принципиально различающиеся этапы формирования ее квартальной структуры. Так, в дореволюционный период, если рассматривать временной промежуток от XVII века до событий 1917 года, можно заметить, что пространственное развитие города осуществлялось преимущественно на основе принципов частного права. Базовыми элементами планировочной организации являлись отдельные земельные участки и домовладения. Увеличение плотности застройки происходило постепенно и сопровождалось развитием улично-дорожной сети, отвечавшим возникающим потребностям территории. Необходимость обеспечения доступа к новым осваиваемым участкам и их включения в общегородскую систему коммуникаций способствовала появлению дополнительных проездов, часть которых со временем трансформировалась в полноценные улицы (рис. 1). Вследствие этого складывалась относительно сбалансированная городская среда, в которой интенсивность застройки и плотность коммуникационного каркаса развивались взаимосвязанно.

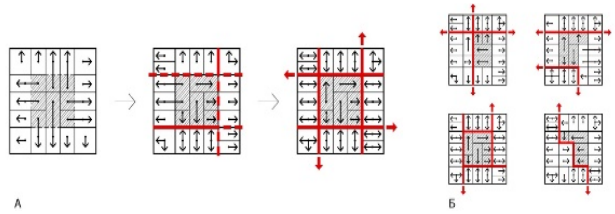


Рис. 1. а) процесс деления квартала, сопровождающийся сгущением УДС. б) возможные варианты деления крупного квартала.

Переход к централизованной системе управления градостроительными процессами после 1917 года существенно изменил механизм формирования городской морфологии. Отказ от частного землевладения и внедрение принципов государственного планирования привели к укрупнению планировочных единиц и распространению микрорайонной модели застройки. При этом развитие транспортно-коммуникационного каркаса не всегда сопровождало данные преобразования в необходимом объёме, что привело к нарушению ранее существовавшего баланса между застройкой и сетью городских связей. В результате формировались крупные территориальные единицы с ограниченной проницаемостью и низкой степенью пространственной интеграции внутриквартальных территорий. Многие участки городской среды оказывались изолированы от маршрутов движения и общественной активности. Современная квартальная структура во многом отражает последствия такого изменения принципов градостроительного развития. При относительно высокой плотности застройки, многие территории характеризуются недостаточным уровнем обеспеченности уличной сетью. Так, в пределах района Садового кольца Москвы плотность УДС составляет около 13 км/км². Для сравнения, в европейских городах, где развитие городской структуры происходило более последовательно и сопровождалось постепенным наращиванием сети улиц, наблюдаются более высокие показатели плотности УДС при меньших размерах кварталов. В исторических центрах столичных городов Европы данный показатель, как правило, находится в диапазоне от 17 до 22 км/км².

Важным инструментом исследования городской среды является понятие морфотипа застройки, которое характеризует совокупность устойчивых пространственных, композиционных и планировочных признаков территории. В Москве выделяется нескольких исторически сложившихся типов застройки, среди которых характерно сосуществование старомосковского малоэтажного, традиционного разноэтажного, компактно-периметрального, многоэтажного плотного, а также морфотипов конструктивизма и неоклассицизма. Значение морфотипологического подхода заключается в возможности оценки не только количественных показателей застройки, но и качества пространственных взаимосвязей, структуры пространств и дворов, конфигурации периметра кварталов и характера их взаимодействия с уличной сетью. Такой подход создаёт основу для адаптации новых градостроительных решений к существующему контексту без утраты идентичности исторической среды. Проведённый анализ центральной части Москвы свидетельствует о том, что значительное число крупных объектов советского и современного периода выпадает из сложившейся морфологической системы города. Это выражается в нарушении масштабных соотношений между зданиями и общественными пространствами, деформации уличного каркаса, несогласованности высотных параметров, снижении пространственной проницаемости кварталов и ухудшении восприятия городской структуры. Наличие подобных особенностей свидетельствует о необходимости их целенаправленной архитектурно-пространственной корректировки.

Таким образом, теоретическая проблематика структуризации квартальной застройки связана с выявлением несоответствий между сложившейся крупномасштабной планировочной структурой и требованиями современной городской среды, ориентированной на связность, разнообразие и функциональную насыщенность. Решение данного противоречия требует перехода от локальных преобразований к системному подходу, основанному на разработке методов структуризации и соответствующих архитектурно-планировочных приёмов проектирования.

Выявленные закономерности и принципы развития квартальной системы застройки Москвы формируют основу для последующего рассмотрения методов реконструкции, направленных на восстановление целостности городской ткани и повышение эффективности использования территорий.

Методы структуризации квартальной застройки

Понимание закономерностей исторического развития квартальной структуры и проведенный анализ возникающих пространственных несоответствий позволяют перейти к разработке методов ее трансформации. В данном исследовании предлагается рассматривать структуризацию крупных кварталов как многоуровневый процесс пространственной реорганизации, основанный на согласованном применении градостроительных принципов и архитектурно-планировочных инструментов.

Структуризация квартальной застройки рассматривается в данном исследовании как процесс преобразования крупных и во многом пространственно-разобщённых территорий в более организованную систему, характеризующуюся сомасштабностью городской среды человеку, чёткой пространственной организацией и разнообразием функционального содержания. Ключевым принципом такого преобразования выступает согласование плотности застройки с плотностью УДС, а также корректировка несоразмерности отдельных укрупнённых объектов относительно окружающего градостроительного контекста.

Разработанная классификация методов структуризации застройки основана на выделении нескольких взаимосвязанных групп решений, последовательно реализуемых на различных уровнях проектирования:

1. Градостроительно-инфраструктурные методы. Основная функция группы методов заключается в повышении упорядоченности и связности городской среды путём развития системы коммуникаций и включения изолированных внутриквартальных территорий в единую сеть городских маршрутов. На данном уровне преобразования затрагивают прежде всего улично-дорожный каркас и общий пространственный характер застройки кварталов.

К основным методам относятся:

- применение принципа «транспортного дренирования» территорий – сгущение улично-дорожной сети;
- перераспределение транспортных и пешеходных потоков, включающее формирование дополнительных связей между внутренними пространствами квартала и прилегающей городской сетью (посредством создания новых проездов и ликвидации тупиковых участков);
- пространственное закрепление вновь сформированных направлений движения средствами архитектурного и ландшафтного проектирования (с помощью элементов новой застройки и благоустройства).

Внедрение рассматриваемых градостроительных мероприятий обеспечивает повышение проницаемости городской среды, увеличение интенсивности пространственных связей и более эффективное использование внутриквартальных территорий. Одновременно создаются условия для транспортного перераспределения, что позволяет снизить нагрузку на магистральную сеть и повысить уровень доступности внутренних участков квартала. В пространственном отношении итогом данных преобразований становится декомпозиция укрупнённых квартальных образований на систему более мелких и взаимосвязанных планировочных элементов, близких по своим параметрам традиционной размерности столичного европейского города (рис. 2).

2. Объёмно-пространственные методы. Данная группа методов направлена на формирование целостной композиционной организации застройки и выстраивание взаимосвязей между её отдельными элементами. Их применение позволяет преодолевать пространственную разреженность и масштабную неоднородность городской среды.

К данной группе методов относятся:

- формирование ячеистой структуры застройки на основе системы взаимосвязанных дворовых пространств;

- организация системы архитектурных акцентов и пространственных ориентиров с учётом исторически сложившихся видовых коридоров, перспектив и направлений восприятия городских доминант;
- закрепление периметра кварталов застройкой, обеспечивающее непрерывность фасадного фронта и более чёткое структурирование уличного пространства;
- использование промежуточных по масштабу объемов для гармонизации перехода между исторической средой и укрупненными объектами.

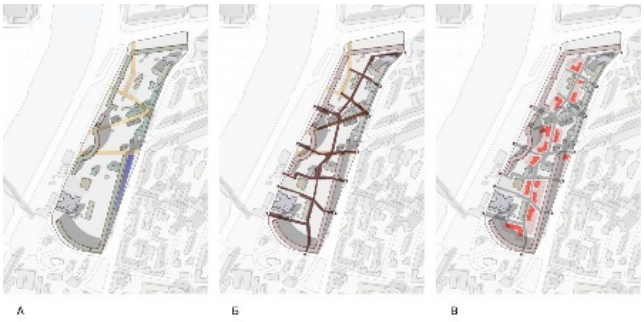


Рис. 2. Процесс структуризации крупного квартала на примере территории на Ростовской набережной в Москве (квартал № 488). а) существующее положение; б) оформление нового транспортного распределения (в том числе пешеходных улиц); в) оформление улиц строительными объемами.

Реализация объёмно-пространственных методов способно повысить структурную читаемость среды, облегчает ориентацию в городе и усиливает систему пространственных взаимосвязей.

3. Функционально-планировочные методы. Ориентированы на организацию многообразной нетиповой архитектурной среды, включающей также разнообразие функциональной наполненности территории.

К основным методам можно отнести:

- смешение функций в пределах квартала (жилье и объекты обслуживания), позволяющее повысить качество жилого комфорта;
- в том числе формирование внутриквартальных центров активности, концентрирующих общественные и сервисные функции;
- интеграция общественных пространств в структуру жилой застройки;
- выстраивание иерархии пространств по степени открытости и доступности с разграничением приватных, полуприватных и общественных зон;
- сведение к минимуму использования типовых решений и применение архитектурно-планировочных приёмов, обеспечивающих вариативность и индивидуальность застройки.

Применение указанных методов позволяет повысить функциональную насыщенность городской среды и сформировать условия для реализации различных сценариев использования территории.

Таким образом, предложенная классификация демонстрирует комплексный характер процессов структуризации и позволяет рассматривать преобразование квартальной застройки как многоуровневую систему проектных решений, последовательно охватывающую различные масштабы планирования в городе. Совместное использование выделенных групп методов обеспечивает не только более эффективное освоение территории, но и способствует сохранению и восстановлению характерных особенностей исторически сложившейся городской структуры, поддерживая её пространственное и архитектурное разнообразие.

Сформированная система методов составляет основу для их последующей апробации, результаты которой рассматриваются в следующем разделе статьи.

Модель применения методов структуризации квартальной застройки

Проверка эффективности разработанного подхода осуществлена на примере квартала под номером 718 Тверского района, расположенного в центральной исторической части Москвы. Выбор данной территории обусловлен наличием характерных пространственных проблем, типичных для крупных кварталов. Исследуемая территория отличается значительными размерами, ограниченной проницаемостью внутренней структуры и повышенной транспортной нагрузкой на прилегающую улично-дорожную сеть по его периметру. Существенным фактором формирования указанных проблем является недостаточная развитость внутриквартальных и межквартальных коммуникационных связей.

1. Исходные характеристики территории.

Размер рассматриваемого квартала по площади существенно превышает средние показатели для центральной части Москвы. При средней площади кварталов порядка 5 Га его площадь достигает 17 Га, что негативно сказывается на уровне связности города вокруг и проницаемости территорий внутри квартала. Значительная часть территории остаётся изолированной и имеет ограниченную доступность, внутренние пространства фрагментарны и используются неравномерно. Дополнительным проявлением структурного дисбаланса является присутствие крупных объектов застройки, нарушающих исторически сложившуюся конфигурацию городской среды. Так, дом № 9 по Краснопролетарской улице был размещён поперёк трассировки бывшего Косого переулка, в результате чего переулок первоначально превратился в тупик, а впоследствии был полностью исключён из городской планировочной структуры и утрачен.

На сегодняшний день транспортно-пешеходный каркас рассматриваемого квартала сформирован преимущественно по его внешнему контуру. Такое устройство способствует концентрации потоков вдоль границ территории, тогда как внутренние пространства оказываются слабо вовлечёнными в процессы городского функционирования. Следствием становится пространственная изоляция отдельных участков, неравномерное распределение общественной активности и снижение потенциала использования территории.

Дополнительным проявлением морфологической несбалансированности территории выступает контраст между укрупнёнными объектами застройки и незастроенными пространствами. Подобное сочетание приводит к нарушению масштабных соотношений и осложняет целостное восприятие городской среды.

2. Этапы структурного преобразования.

Реорганизация исследуемой территории осуществляется в несколько этапов и базируется на последовательном применении методов структуризации, описанных ранее.

Первый этап предполагает формирование новой системы пространственных связей. В пределах квартала создаются либо восстанавливаются дополнительные проезды и пешеходные маршруты. Часть из них выполняет функцию локальных распределительных связей с ограниченным режимом доступа, тогда как другие обеспечивают сквозное движение через территорию и соединяют различные стороны квартала. В результате формируется ячеистая структура связей, позволяющая сократить длину маршрутов и повысить равномерность распределения транспортных и пешеходных потоков.

Параллельно осуществляется пространственная декомпозиция исходного квартала. За счёт введения новых связей территория разделяется на несколько более компактных самостоятельных планировочных единиц площадью около 1–2 Га, что близко по своим параметрам и масштабу к традиционной европейской квартальной структуре (рис. 3).

Рис. 3. Процесс структуризации крупного квартала на примере квартала № 718 в Москве. а) существующее положение, характеризующееся тупиковым характером проездов; б) оформление нового транспортного распределения; в) территория крупного квартала в 17 Га; г) территории образуемых планировочных единиц.

Второй этап преобразования связан с формированием новой морфологической организации застройки. Архитектурные объекты размещаются в соответствии с конфигурацией сформированного коммуникационного каркаса, закрепляя направления движения и структурируя уличное пространство посредством фасадного фронта. Одновременно внутри кварталов выстраивается система дворов и полуобщественных пространств, дифференцированных по режиму использования и характеру функционального наполнения.

Застройка получает преимущественно периметральную либо полупериметральную конфигурацию, благодаря чему обеспечивается разграничение дворовых и уличных зон, а также более чёткое членение территории на отдельные кварталы. Дополнительно применяется варьирование этажности и объёмно-планировочных решений зданий, способствующее достижению масштабной соразмерности среды и её архитектурного разнообразия.

На заключительном этапе реализуются функционально-планировочные мероприятия. Активизация городской среды достигается за счёт размещения на первых этажах зданий общественных, коммерческих и сервисных функций, формирующих непрерывный фронт городской активности вдоль основных пешеходных и транспортных маршрутов. Внутри новообразованных кварталов предусматривается организация общественных зон, объединяющих рекреационные пространства, элементы озеленения и объекты социальной инфраструктуры. При этом увеличение интенсивности использования территории требует соответствующего развития системы социального обслуживания населения. В рассматриваемом проектном предложении по структуризации квартала № 718 данная задача решается посредством размещения четырёх встроенно-пристроенных ДОУ, обеспечивающих создание 90 дополнительных мест для детей дошкольного возраста.

3. Результаты структуризации квартала № 718.

Реализация предложенной модели сопровождается комплексной трансформацией исследуемой территории и приводит к существенному изменению её объемно-пространственных характеристик. Применение методов структуризации позволяет преобразовать исходный квартал площадью 17 Га в систему из 12 кварталов со средней площадью около 1,5 Га. Одним из ключевых результатов становится повышение связности при увеличении ёмкости территории. Сформированная улично-дорожная сеть обеспечивает доступ ко всем частям квартала и способствует более равномерному распределению транспортных и пешеходных потоков. Плотность улично-дорожной сети возрастает с 7 до 18 км/км², что соответствует увеличению более чем в 2,5 раза. Суммарная площадь застройки увеличивается на четверть от существующей– с 290 тыс. м² до 360 тыс. м². Также дополнительно формируется новая внутренняя улица, фланкированная застройкой и выполняющая роль основной оси обслуживания территории (рис 4.).

Преобразование крупного квартального образования в систему более компактных планировочных единиц позволяет приблизить масштаб городской среды к потребностям человека и повысить удобство пространственной ориентации. Благодаря развитию сети внутренних связей ранее обособленные территории становятся частью единого городского пространства и вовлекаются в процессы повседневной активности. Одновременно изменяется характер застройки: появляются уличные фронты, упорядочивается система обслуживания территории, формируются чётко разграниченные дворовые пространства и возрастает разнообразие пространственно-композиционных решений. Дополнительное включение общественных функций и создание локальных центров притяжения способствуют повышению интенсивности использования территории. В результате исследуемый квартал трансформируется в полноценную городскую среду, объединяющую жилые, общественные и рекреационные пространства в единую взаимосвязанную систему.

Таким образом, предложенная модель демонстрирует, что последовательное применение методов структуризации и соответствующих архитектурно-планировочных приёмов позволяет преобразовать крупные неструктурированные территории в связную, функционально насыщенную и пространственно организованную городскую ткань. Полученные результаты подтверждают эффективность системного подхода к реконструкции квартальной застройки и возможность его применения в условиях исторической среды.

Рис. 4. Модель структуризации квартала № 718 исторической части Москвы.

Заключение

Рассмотренные в работе методы структуризации квартальной застройки позволяют по-новому оценить возможности преобразования крупных неструктурированных территорий в исторической части города. Предложенный подход предполагает системное преобразование городской ткани, охватывающее как пространственную, так и функциональную организацию застройки.

Результаты проведённого исследования показывают, что эффективность использования внутриквартальных территорий в значительной степени определяется соотношением параметров застройки и улично-дорожной сети. Несогласованность этих параметров, возникшая на отдельных этапах градостроительной эволюции города, способствует появлению пространственно-изолированных участков и ослаблению системы городских связей. В этих условиях повышение связности, доступности и мобильности городской среды становится необходимым условием её дальнейшей адаптации к современным градостроительным требованиям и сценариям использования.

Предложенная классификация методов структуризации демонстрирует, что преобразование квартальной застройки должно рассматриваться как многоуровневый процесс, включающий формирование новой системы связей, пространственную организацию застройки и функциональное насыщение территории. Взаимодействие градостроительных, объёмно-пространственных и функционально-планировочных методов обеспечивает достижение комплексного эффекта, при котором изменения на одном уровне соответствуют преобразованиями на других.

Результаты апробации предложенного подхода свидетельствуют о том, что преобразование укрупнённых кварталов посредством их пространственного членения, развития внутриквартальной сети связей и формирования ячеистой структуры создаёт условия для более эффективного использования территории. Подобные изменения обеспечивают повышение её доступности, расширяют спектр возможных функций и способствуют более равномерному распределению городской активности. В итоге территория приобретает качества устойчивой городской среды, способной отвечать на меняющиеся социальные и пространственные запросы.

Следует отметить, что возможности применения предложенной модели структуризации крупных кварталов определяются в том числе и существующими градостроительными, историко-культурными и экономическими ограничениями. Практическое использование подхода предполагает адаптацию к особенностям к каждой конкретной территории, что требует индивидуального подхода при разработке проектных решений.

В целом результаты исследования позволяют сделать вывод о целесообразности перехода от укрупнённых и слабо структурированных моделей застройки к более дифференцированным и иерархически организованным формам городской ткани. Предлагаемая система методов может использоваться в качестве комплексного инструмента преобразования больших кварталов и применяться не только в Москве, но и в других исторических городах, сталкивающихся со сходными проблемами пространственной организации и развития.

Литература

1. Бокова А. Формируя городскую ткань: Будущее жилой единицы // Проект Россия / № 52. – 2009.
2. Кожаева Л.Б. Морфотипы застройки центра Москвы // Архитектура СССР. –1987.
3. Лавров В.А. Развитие планировочной структуры исторически сложившихся городов / В.А. Лавров. – М.: Стройиздат, 1977.
4. Лежава И.Г. Преобразование города // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. № 4.
5. Некрасов А.Б. Идентификация. Кухня архитектора / А. Б. Некрасов //Архитектура и строительство в России. - 2015. № 1.
6. Татунашвили Н. Гуманная плотность // Проект Россия / № 52. – 2009.
7. Урбан Ф. Башня и коробка. Краткая история массового жилья. – М.: Strelka press. – 2019.
8. Юдинцев В.П. «Невидимый город» // Архитектурный Вестник / №1 (182). – 2022.
9. Москва реконструируется: Альбом диаграмм, топосхем и фотографий по реконструкции гор. Москвы. – Москва, 1938.
10. Приоритет – квартальной застройке // archi.ru. – 2013. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://archi.ru/russia/50044/prioritet-kvartalnoi-zastroike (дата обращения: 07.06.2026).

Methods for the spatial restructuring of residential urban blocks in historic urban areas: a case study of Moscow

Sirotin V.I.
Moscow Architectural Institute (State Academy)

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the transformation of large urban blocks within a historically established urban environment. It analyzes the causes of spatial problems resulting from block enlargement and the insufficient density of the street and road network. A system of methods for territorial structuring has been developed, including urban planning, spatial-compositional, and functional-planning solutions. A model for the transformation of a large block in the center of Moscow is presented. The results of the study may be applied in the development of reconstruction and redevelopment projects for large urban blocks within the urban context.

Keywords: urban block development, street network, redevelopment of large residential blocks, urban morphology, spatial restructuring methods.

References

1. Bokova A. Formiruya gorodskuyu tkan': budushchee zhiloi edinitsy [Shaping the urban fabric: the future of the residential unit]. Proekt Rossiya [Project Russia], 2009, no. 52. (In Russian).
2. Kozhaeva L.B. Morfotipy zastroiki tsentra Moskvy [Morphological types of development in the center of Moscow]. Arkhitektura SSSR [Architecture of the USSR], 1987. (In Russian).
3. Lavrov V.A. Razvitie planirovochnoi struktury istoricheski slozhivshikhsya gorodov [Development of the planning structure of historically formed cities]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1977. (In Russian).
4. Lezhava I.G. Preobrazovanie goroda [Transformation of the city]. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction], 2016, no. 4. (In Russian).
5. Nekrasov A.B. Identifikatsiya. Kukhnya arkhitektora [Identification. The architect's workshop]. Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii [Architecture and Construction of Russia], 2015, no. 1. (In Russian).
6. Tatunashvili N. Gumannaya plotnost' [Humane density]. Proekt Rossiya [Project Russia], 2009, no. 52. (In Russian).
7. Urban F. Bashnya i korobka. Kratkaya istoriya massovogo zhil'ya [Tower and Slab: Histories of Global Mass Housing]. Moscow, Strelka Press Publ., 2019. (In Russian).
8. Yudintsev V.P. "Nevidimyi gorod" [Invisible city]. Arkhitekturnyi Vestnik [Architectural Bulletin], 2022, no. 1 (182). (In Russian).
9. Moskva rekonstruiruetsya: Al'bom diagramm, toposkhem i fotografii po rekonstruktsii goroda Moskvy [Moscow under reconstruction: Album of diagrams, topographic schemes and photographs on the reconstruction of Moscow]. Moscow, 1938. (In Russian).
10. Prioritet – kvartal'noi zastroike [Priority to block development]. Archi.ru, 2013. Available at: https://archi.ru/russia/50044/prioritet-kvartalnoi-zastroike (accessed 07 June 2026). (In Russian).

Влияние теплоизоляции дымохода на потери теплоты газовых котлов внутреннего размещения

Ефремова Татьяна Васильевна
кандидат технических наук, доцент кафедры ЭТиТГСВ, Волгоградский государственный технический университет, mama_t63@mail.ru,

Скоков Александр Александрович
Волгоградский государственный технический университет, skokovson@mail.ru

В статье рассматривается влияние конструктивных особенностей утепленных и неутепленных дымоходов на потери тепла. Рассматриваются шесть вариантов расположения дымоходов при удалении продуктов сгорания от газовых котлов, расположенных в помещении котельных. Даются рекомендации по применению различных вариантов расположения дымоходов в реальных условиях.

Ключевые слова: теплоизоляция, дымоход, дымоудаление, температура, теплопотери, потери теплоты, газовый котел, котельная, сталь, изолированный, изоляция, конфигурация, расположение.

Дымовая труба предназначена для удаления топочных дымовых газов и рассеивания вредных соединений, содержащихся в продуктах сгорания в атмосферном воздухе, с целью снижения их концентрации в атмосфере на уровне дыхания до необходимого значения. Дымовая труба создает естественную тягу, и движение газов происходит вследствие разности плотностей окружающего холодного воздуха и горячих продуктов сгорания.

Задачей расчета газохода при известном объёме продуктов сгорания является определение значения разности температур на участках дымохода для сравнения потерей теплоты в зависимости от конфигурации дымохода.

Для определения средней температуры продуктов сгорания газов необходимо знать снижение их температуры в результате остывания при движении по соединительным трубам и дымовым каналам. Средняя температура продуктов сгорания газа $t_г$, ºС, определяется по формуле:

$$t_г = t_{ух} - \frac{\Delta t}{2}, \quad (1)$$

где $t_{ух}$ – температура уходящих газов в начале расчетного участка, ºС;

Δt – падение температуры уходящих продуктов сгорания на расчетном участке, ºС.

Падение температуры определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_{ух} - t_{ов}}{\frac{0{,}384 \cdot V_г \cdot Q}{k \cdot F_в} + 0{,}5}, \quad (2)$$

где 0,384 – средняя объемная теплоемкость продуктов сгорания газа (условно принята постоянной), Вт/(м^3 ·ºС);

$t_{ов}$ – температура окружающего воздуха, ºС;

$V_г$ – действительный суммарный объем продуктов сгорания газа, м^3/м^3;

Q – расход газа котлом, м^3/ч;

k – значение коэффициента теплопередачи для стенок дымохода, отнесенное к внутренней поверхности, Вт/(м^2 ·ºС);

$F_в$ – площадь внутренней поверхности расчетного участка дымохода, м^2.

$$F_в = \pi \cdot d \cdot L_{уч}, \quad (3)$$

где: d – диаметр соединительной трубы, м;

$L_{уч}$ – длина расчетного участка, м.

Значение коэффициента теплопередачи k можно посчитать по формуле:

$$k = \frac{1}{R_{общ}} \quad (4)$$

где $R_{общ}$ – общее термическое сопротивление всех слоев конструкции.

Для того чтобы найти общее термическое сопротивление всех слоев конструкции дымохода, необходимо воспользоваться формулой:

$$R_{общ} = R_{внутр} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{внеш}, \quad (5)$$

где $R_{внутр}$ – термическое сопротивление теплоотдачи внутренней поверхности;

$R_{внеш}$ – термическое сопротивление теплоотдачи внешней поверхности трубы;

δ_i – толщина i-го слоя;

λ_i – коэффициент теплопроводности i-го слоя.

Чтобы определить термическое сопротивление теплопередачи внутренней поверхности необходимо произвести расчет коэффициента теплоотдачи от дымовых газов к стенке трубы по формуле В.Г. Статьянова:

$$a_г = \left(8 + \frac{160}{(t_{ух}+273)^{0{,}563}} \cdot \frac{W^{0{,}8}}{d^{1{,}746} \cdot L_{общ}^{0{,}054}}\right), \quad (6)$$

где W – объем отводимого газа, м^3/с;

$L_{общ}$ – общая длина дымохода, м.

Объем отводимого газа определяется по формуле:

$$W = Q \cdot V_г \cdot \frac{273 + t_{ух}}{273}, \quad (7)$$

где Q – расход газа котлом, м^3/с;

Значение коэффициента теплоотдачи внешней поверхности определяется по формуле:

$$a_{возд} = 5{,}8 + 11{,}6 \cdot \sqrt{V_{возд}}, \quad (8)$$

где $V_{возд}$ – средняя скорость ветрового потока, м/с.

После определения всех падений температуры в дымоходе, а также коэффициентов теплопередачи, можно произвести расчет потерь теплоты от дымовой трубы в окружающую среду по формуле:

$$Q = k \cdot \mathrm{F} \cdot (t_г - t_{ов}) \,. \quad (9)$$

Рассмотрим различные варианты установки дымохода и вычислим потери теплоты на примере газового котла модели МИКРО-М 200 мощностью 200 кВт. Исходными данными являются паспортные характеристики котла и параметры наружного воздуха, определяемые для г. Волгограда.

Основные расчетные параметры топлива: элементарный состав, теплота сгорания, теоретический объем воздуха и дымовых газов приведены в [1, табл. 2.9.].

Таблица 1
Состав топлива

Газопровод	Состав газа, % по объему							м³/м³				
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2	CO_2	V^0	V_{RO_2}	$V^0_{N_2}$	$V^0_{H_2O}$	$V^0_Г$
Коробки-Лог-Волгоград	93,2	1,9	0,8	0,3	0,1	3,0	0,7	9,51	1,02	7,54	2,13	10,69

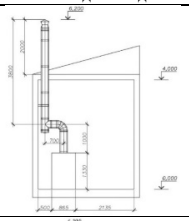
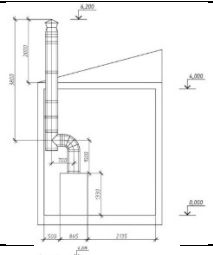
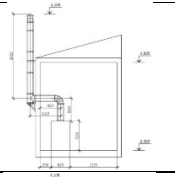
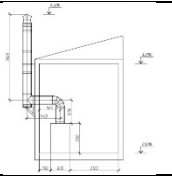
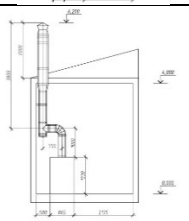
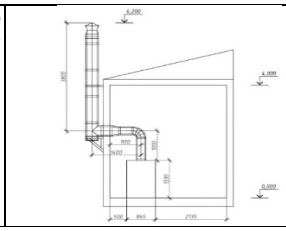
Находим действительный суммарный объем продуктов сгорания газа.

Таблица 2
Объемы продуктов сгорания

Параметр и размерность	Топка
Коэффициент избытка воздуха после поверхности нагрева	α=1,15 (по паспортным характеристикам котла)
Действительный объем водяных паров, м³/м³	$V_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0{,}0161(\alpha - 1)V^0 = 2{,}13 + 0{,}0161(1{,}15 - 1)9{,}51 = 2{,}15$
Действительный суммарный объем продуктов сгорания, м³/м³	$V_г = V_{RO_2} + V^0_{N_2} + V^0_{H_2O} + (0{,}21 \cdot (\alpha - 1))V^0 = = 1{,}02 + 7{,}54 + 2{,}15 + (0{,}21 \cdot (1{,}15 - 1))9{,}51 = = 11{,}01$

Описание и схемы установки дымоходов для последующих расчетов дымовой трубы приведены в таблице 3.

Таблица 3
Описание и схемы установки дымоходов

№	Тип и длинна дымохода	Схема дымохода
1	Неутепленный дымоход от котла до кровли диаметром 280 мм длинной 5,5 метров.	
2	Утепленный дымоход от котла до кровли диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи длинной 5,5 метров.	
3	Неутепленный дымоход от котла до стены диаметром 280 мм длинной 6,2 метра.	
4	Утепленный дымоход от котла до стены диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи длинной 6,2 метра.	
5	Неутепленный дымоход от котла до кровли диаметром 280 мм и утепленный после кровли диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи длинной 5,5 метров.	
6	Неутепленный дымоход от котла до стены диаметром 280 мм и утепленный после стены диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи длинной 6,2 метра.	

Произведем расчеты дымовой трубы неутепленного и утепленного стального дымохода, проходящего через кровлю, остальные четыре варианта установки дымохода рассчитываются аналогично, результаты расчетов сносятся в таблицу 4.

Вариант установки 1: неутепленный стальной дымоход через кровлю.

Разбиваем весь дымоход на два расчетных участка:

1 участок – металлическая труба от котла до кровли длиной 3,5 м диаметром 280 мм, рассмотренная при температуре воздуха внутри помещения условно принятой, +12 ºС;

2 участок – металлическая труба от кровли до верха трубы длинной 2,0 м диаметром 280 мм, рассмотренная при расчетной температуре наружного воздуха -21 ºС, согласно строительной климатологии, г. Волгоград;

Для расчета неутепленного стального дымохода принимаем толщину стенки трубы δ_i = 0,0008 м с коэффициентом теплопроводности нержавеющей стали AISI 304 равным 16,2 Вт/(м² ·ºС).

$R_{трубы} = \frac{0{,}0008}{16{,}2} = 0{,}000049$ Вт/(м2·°С).

Объем отводимого газа:

$W = 0{,}006 \cdot 11{,}01 \cdot \frac{273+150}{273} = 0{,}10$ м³/с.

Коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к стенке:

$$a_г = \left(8 + \frac{160}{(150+273)^{0{,}563}} \cdot \frac{0{,}10^{0{,}8}}{0{,}28^{1{,}746} \cdot 5{,}5^{0{,}054}}\right) = 9{,}12 \frac{Вт}{м^2 \cdot °С}.$$

Тогда термическое сопротивление внутренней поверхности трубы будет равно:

$$R_{внутр} = \frac{1}{9{,}12} = 0{,}11 \frac{Вт}{м^2 \cdot °С}.$$

Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности трубы, при скорости ветра 5,5 м/с для г. Волгоград:

$$a_{возд} = 5{,}8 + 11{,}6 \cdot \sqrt{5{,}5} = 33{,}0 \frac{Вт}{м^2 \cdot °С}.$$

Термическое сопротивление внешней поверхности:

$$R_{внеш} = \frac{1}{33{,}0} = 0{,}03 \frac{Вт}{м^2 \cdot °С}.$$

Общее термическое сопротивление:

$R_{общ} = 0{,}11 + 0{,}000049 + 0{,}03 = 0{,}14$ Вт/(м²·°С).

Коэффициент теплопередачи неизолированной трубы будет равен:

$k = \frac{1}{0{,}14} = 7{,}1$ Вт/(м²·°С).

После нахождения коэффициента теплопередачи для неизолированного дымохода выполняем расчет 1-го участка.

Площадь внутренней поверхности расчетного участка:

$F_{в1} = \pi \cdot 0{,}28 \cdot 3{,}5 = 3{,}08$ м².

Падение температуры уходящих продуктов сгорания на расчетном участке:

$$\Delta t_1 = \frac{150 - 12}{\frac{0{,}384 \cdot 11{,}01 \cdot 21{,}8}{7{,}1 \cdot 3{,}08} + 0{,}5} = 29{,}41 \text{ ºС}.$$

Средняя температура продуктов сгорания на расчетном участке:

$t_{г1} = 150 - \frac{29{,}41}{2} = 135{,}30$ ºС.

Выполняем расчет 2-го участка.

Площадь внутренней поверхности расчетного участка:

$F_{в2} = \pi \cdot 0{,}28 \cdot 2{,}0 = 1{,}76$ м².

Температура на входе в дымоход равна температуре на выходе из соединительной трубы:

$t_{ух2} = 150 - 29{,}41 = 120{,}59$ ºС.

Падение температуры уходящих продуктов сгорания на расчетном участке:

$$\Delta t_2 = \frac{120{,}59 - (-21)}{\frac{0{,}384 \cdot 11{,}01 \cdot 21{,}8}{7{,}1 \cdot 1{,}76} + 0{,}5} = 18{,}07 \text{ ºС}.$$

Средняя температура продуктов сгорания на расчетном участке:

$$t_{г2} = 120{,}59 - \frac{18{,}07}{2} = 111{,}56 \text{ ºС}.$$

Потери теплоты на расчетных участках, и их сумма:

$$Q_1 = 7{,}1 \cdot 3{,}08 \cdot (135{,}30 - 12) = 2696 \text{ Вт}.$$

$$Q_2 = 7{,}1 \cdot 1{,}76 \cdot \big(111{,}56 - (-21)\big) = 1656 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{общ}} = 2696 + 1656 = 4352 \text{ Вт.}$$

Вариант установки 2: утепленный стальной дымоход через кровлю.

1 участок – металлическая труба от котла до кровли длиной 3,5 м диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи, рассмотренная при расчетной температуре воздуха внутри помещения +12 ºС;

2 участок – металлическая труба от кровли до верха трубы длинной 2,0 м диаметром 280 мм внутри и 380 мм снаружи, рассмотренная при расчетной температуре наружного воздуха -21 ºС;

Для расчета коэффициента теплопередачи утепленного дымохода, который состоит из внутренней и внешней поверхностей нержавеющей стали, а также изоляционного слоя, равного 50 мм, примем толщину стенки трубы для стали δ_i= 0,0008 м с коэффициентом теплопроводности нержавеющей стали AISI 304, равным 16,2 Вт/(м^2 ·ºС), для изоляционного слоя из минеральной ваты δ_i= 0,05 м, $\lambda_и$=0,06 Вт/(м^2·°С).

Термическое сопротивление изоляционного слоя:

$R_{\text{изоляции}}$= 0,05 / 0,06 = 0,83 Вт/(м^2·°С).

Общее термическое сопротивление:

$R_{\text{общ}} = 0{,}11 + 0{,}000049 + 0{,}83 + 0{,}000049 + 0{,}03 = 0{,}96$ Вт/(м^2·°С).

Коэффициент теплопередачи изолированной трубы будет равен:

$k = \frac{1}{0{,}96} = 1{,}0$ Вт/(м^2·°С).

Выполняем расчет 1-го участка.

Падение температуры уходящих продуктов сгорания на расчетном участке:

$$\Delta t_1 = \frac{150 - 12}{\frac{0{,}384 \cdot 11{,}01 \cdot 21{,}8}{1{,}0 \cdot 3{,}08} + 0{,}5} = 4{,}65 \text{ ºС.}$$

Средняя температуру продуктов сгорания на расчетном участке

$t_{г1} = 150 - \frac{4{,}65}{2} = 147{,}67$ ºС.

Выполняем расчет 2-го участка.

Температура на входе в дымоход:

$t_{ух2}$ = 150–4,65=145,35 ºС.

Падение температуры уходящих продуктов сгорания на расчетном участке:

$$\Delta t_2 = \frac{145{,}35 - (-21)}{\frac{0{,}384 \cdot 11{,}01 \cdot 21{,}8}{1{,}0 \cdot 1{,}76} + 0{,}5} = 3{,}23 \text{ ºС.}$$

Средняя температура продуктов сгорания на расчетном участке:

$$t_{г2} = 145{,}35 - \frac{3{,}23}{2} = 143{,}73 \text{ ºС.}$$

Потери теплоты:

$$Q_1 = 1{,}0 \cdot 3{,}08 \cdot (147{,}67 - 12) = 418 \text{ Вт.}$$

$$Q_2 = 1{,}0 \cdot 1{,}76 \cdot (143{,}73 - (-21)) = 290 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{общ}} = 418 + 290 = 708 \text{ Вт.}$$

Таблица 4

Потери теплоты в зависимости от схемы установки дымохода

Потери теплоты через стенку дымохода					
Вариант установки дымохода	Средняя температура газов на 1 участке	Средняя температура газов на 2 участке	Теплопотери на 1 участке	Теплопотери на 2 участке	Общие теплопотери
1	135,30	111,56	2696	1656	4352
2	147,67	143,73	418	290	708
3	141,66	113,70	1537	3615	5152
4	148,73	143,97	228	623	851
5	135,30	119,22	2696	246	2942
6	141,66	130,13	1537	571	2108

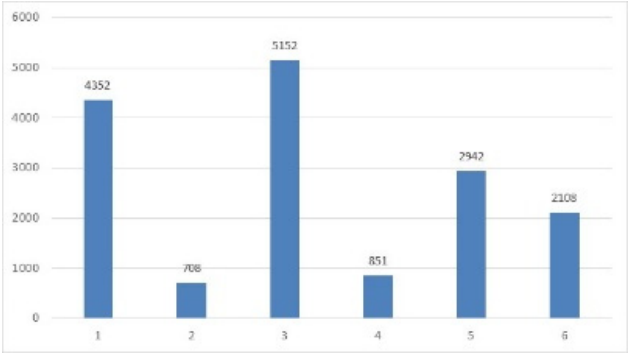


Рис. 1 Потери теплоты в зависимости от схемы установки дымохода

На основании выполненных расчетов строится график потерь теплоты при различных вариантах установки дымохода. Горизонтальная ось на графике отражает схему установки дымохода, вертикальная – потери теплоты.

В результате расчетов определено, что потери теплоты через стенку неутепленного дымохода значительно выше, чем утепленного. Потери через неутепленный дымоход составляют 4352–5152 Вт, тогда как при использовании утепленного дымохода они снижаются до 708–851 Вт в зависимости от варианта установки (кровля/стенка).

Наиболее эффективным является вариант утепленного дымохода через кровлю - 708 Вт, самый не эффективный – неутепленный через стену - 5152 Вт.

Потери теплоты при комбинированной схеме дымохода (неутепленный внутри помещения — утепленный снаружи) занимают промежуточное положение между полностью неутепленным и полностью утепленным вариантами. Такое решение может быть экономически оправдано при ограниченном бюджете, так как дает существенное снижение потерь по сравнению с неутепленным вариантом дымохода при меньших экономических затратах на утепление.

Литература

1. Справочник по котельным установкам малой производительности /Под редакцией К.Ф. Роддатиса/ М.: «Энергоатомиздат», 1989. 488с.
2. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. /В.М. Фокин/ М.: «Издательство Машиностроение -1», 2006. 240с.
3. СП 131.13330.2025. Строительная климатология. - М.:Минрегион РФ, 2025.
4. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий. - М.: ГУП ЦПП, 2019.
5. Паспорт. Руководство по эксплуатации котла отопительного водогрейного газового серии МИКРО-М 200.
6. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 N 921/пр)
7. Методика расчета нагрузок, прочности и ресурса стволов дымовых и вентиляционных промышленных труб / В.Г. Сатьянов, Н.А. Хапонен, П.Б. Пилипенко [и др.]. — Москва : Универсум, 2005. — 261,[2] с. ил.; 22. — ISBN 5-89157-021-1.

Influence of thermal insulation of the chimney onheat loss of gas boilersinternal placement

Efremova T.V., Skokov A.A.

Volgograd State Technical Universaty

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the impact of the design features of insulated and uninsulated chimneys on heat loss. Six chimney layout options for removing combustion products from gas boilers located in boiler rooms are considered. Recommendations for the application of various chimney layout options in real-world conditions are provided.

Keywords: thermal insulation, chimney, smoke extraction, temperature, heat loss, heat losses, gas boiler, boiler room, steel, insulated, insulation, configuration, location.

References

1. Handbook of Low-Capacity Boiler Plants / Edited by K.F. Roddatis / Moscow: Energoatomizdat, 1989. 488 p.
2. Heat-Generating Installations for Heat Supply Systems / V.M. Fokin / Moscow: Mashinostroenie-1 Publishing House, 2006. 240 p.
3. SP 131.13330.2025. Construction Climatology / Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2025.
4. SP 23-101-2004. Code of Practice for Design and Construction. Design of Thermal Protection of Buildings / Moscow: State Unitary Enterprise Central Project Production Enterprise (GUP TSPP), 2019.
5. Passport. Operation Manual for the MICRO-M 200 Series Gas-Fired Hot Water Heating Boiler.
6. SP 60.13330.2020. Code of Practice. Heating, Ventilation, and Air Conditioning. SNiP 41-01-2003 (approved and put into effect by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 921/pr dated December 30, 2020).
7. Method for Calculating Loads, Strength, and Service Life of Chimney and Ventilation Industrial Stacks / V.G. Satyanov, N.A. Khaponen, P.B. Pilipenko [et al.] / Moscow: Universum, 2005. 261, [2] p.: ill.; 22. — ISBN 5-89157-021-1.

Причины нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей

Смирнова Татьяна Игоревна
магистр кафедры строительства, Череповецкий государственный университет, tismirnova2@chsu.ru

Залипаева Ольга Анатольевна
доцент кафедры строительства, Череповецкий государственный университет, oazalipaeva@chsu.ru

Целью исследования является выявление и систематизация причин нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей, количественная оценка влияния установленных групп факторов на продолжительность задержек. Методология исследования основана на анализе эксплуатационной, проектной, исполнительной документации, отчетов об исполнении инвестиционных и ремонтных программ, данных по исполнению договоров подряда и поставки ТМЦ. Выполнена оценка продолжительности строительно-монтажных работ (нормативной, расчетной, фактической) на примере конкретного участка тепловой сети в г. Череповце. Результаты исследования показали, что фактическая продолжительность реконструкции (107 дней) оказалась значительно ниже нормативной (10,4 мес.) и расчетной (172 дня). В качестве основных причин срыва сроков определены организационные и материально-технические факторы. Указанное позволяет сделать вывод, что основные резервы сокращения сроков реализации мероприятий и снижения рисков срыва сроков начала отопительного периода находятся не стадии производства работ, а на предынвестиционной стадии (планирование, проектирование, подготовка исходно-разрешительной документации, закупки). Для решения указанных проблем требуется переход к управлению жизненным циклом тепловых сетей на основе технологий информационного моделирования.

Ключевые слова: тепловые сети, реконструкция, сроки строительства, причины нарушения сроков, предынвестиционная стация, сравнение продолжительности, ТИМ.

Введение

Своевременная и качественная реализация мероприятий по реконструкции и ремонту объектов теплоснабжения является одним из ключевых условий обеспечения надежного теплоснабжения населенных пунктов и промышленных потребителей. Тепловые сети критически важный элемент системы централизованного теплоснабжения. Нормативный срок службы трубопроводов тепловых сетей составляет 25 лет, однако значительная их часть эксплуатируется сверх установленного ресурса. По данным Министерства строительства и ЖКХ РФ около 60% коммунальной инфраструктуры требует ремонта или полной замены, в отдельных регионах износ тепловых сетей достигает 70-80% [1, с.6].

Традиционно реконструкция и капитальный ремонт тепловых сетей производятся в рамках жестко ограниченного по срокам межотопительного периода. В среднем по России продолжительность межотопительного периода составляет 115-134 дня. В связи с чем любые отклонения от утвержденных графиков ведут к накоплению отставаний и риску срыва сроков начала отопительного периода, что влечет за собой не только административную и уголовную ответственность для виновных лиц и организаций, но и масштабные социально-экономические последствия.

Несмотря на очевидную значимость проблемы, системные исследования причин нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей в отечественной литература представлены фрагментарно. Большинство работ посвящено общим вопросам организации строительства или техническим аспектам прокладки трубопроводов, в то время как комплексный анализ организационно-управленческих, нормативно-правовых и материально-технических факторов задержек остается недостаточно проработанным. Цель настоящей работы – выявление, классификация и количественная оценка причин и факторов риска нарушения сроков реализации мероприятий по реконструкции и ремонту тепловых сетей.

Материалы и методы Объектом исследования являлись процессы реализации мероприятий по реконструкции и капитальному ремонту тепловых сетей в системе централизованного теплоснабжения города Череповца Вологодской области.

В качестве источников информации использована следующая документация:

- Журналы учета технологических нарушений (отказов) на тепловых сетях (2020-2024 гг.);
- Отчеты о выполнении инвестиционной программы и планов капитальных вложений за 2020–2024 гг.;
- Проектная и исполнительная документация по 32 участкам реконструкции, выполненной в период с 2019 по 2024 год;
- Утвержденные графики производства работ по 32 участкам реконструкции, выполненной в период с 2019 по 2024 год;
- Данные об исполнении договоров подряда и поставки материалов по объектам реконструкции.

Для каждого зафиксированного случая нарушения плановых сроков определялась причина задержки. Причины классифицировались по трем группам: организационные, материально-технические, эксплуатационные.

Далее для каждой группы факторов рассчитывались:

- доля случаев (в % от общего числа зафиксированных нарушений);
- средняя продолжительность задержки (в календарных днях).

На примере конкретного объекта реконструкции выполнено сравнение трех видов продолжительности строительно-монтажных работ:

- Нормативная продолжительность - рассчитана согласно СНиП 1.04.03-85* (часть II, раздел «3», глава 7) с учетом конструктивных особенностей, способа прокладки и коэффициентов;
- Расчетная продолжительность - определена по результатам разработки календарно-сетевого плана в программе Microsoft Project. Исходные данные (затраты труда рабочих, время эксплуатации машин и механизмов, технологическая последовательность) приняты по сметной документации, получившей положительное заключение государственной экспертизы результатов инженерных изысканий и проектной документации;
- Фактическая продолжительность - установлена по актам выполненных работ и общим журналам производства работ.

Литературный обзор Проблема нарушения сроков в строительстве и ремонте инженерных объектов широко освещается в зарубежной и отечественной научной литературе.

К.Е. Сальников [2, с. 41] в обобщенном виде рассматривает варианты уменьшения сроков строительства, выделяя проблемы стратегического планирования, дефицит ресурсов и отсутствие профессиональных служб технического надзора. Ю.И. Глотина [3, с. 65] отмечает, что решающее влияние на фактическую продолжительность строительства промышленных объектов оказывают условия финансирования, материально-техническое обеспечение и система ценообразования; она разделяет все факторы на детерминированные (действующие на стадии подготовки) и производственные.

В работе Д.В. Зеленцова [4, с. 10] показано, что ошибки, допущенные на стадии проектирования бесканальных тепловых сетей, приводят к дефектам, выявляемым уже в процессе эксплуатации, что существенно увеличивает продолжительность ремонтных работ из-за необходимости переработки проектной документации и устранения выявленных несоответствий.

С.А. Синенко [5, с. 14] одной из основных причин срыва сроков называет несвоевременную поставку материалов и предлагает методику оценки поставщиков по балльно-рейтинговой системе

Организационные причины нарушения сроков детально проанализированы в источнике [6, с. 34], где отмечается, что самой «болезненной» проблемой является неготовность исходно-разрешительной документации в установленный срок. Этот фактор становится основой для смещения графиков выполнения строительно-монтажных работ и срыва ввода объектов в эксплуатацию.

Влияние погодных условий на строительные проекты исследовано в работе [7, с. 13], где обосновано, что неблагоприятные погодные события ограничивают доступность участков, снижают безопасность труда и напрямую влияют на сроки выполнения задач. Особое значение этот фактор приобретает при выполнении ремонтных работ объектов теплоэнергетики в условиях короткого межотопительного периода.

Экономические аспекты реконструкции тепловых сетей рассмотрены на примере Санкт-Петербурга [8, с. 59]: традиционный подход, основанный на полной замене трубопроводов без предварительной диагностики, признан экономически наименее эффективным, тогда как внедрение внутритрубной диагностики с локальным ремонтом дефектов позволяет сократить затраты и повысить оперативность работ.

Проблемы закупочной деятельности в сфере теплоснабжения освещены в статье О.В. Колесниковой и Д.М. Карпина [9, с. 12], где подчеркивается, что регламентированные федеральным законодательством (№44-ФЗ и №223-ФЗ) процедуры ограничивают оперативность заключения контрактов, что в условиях короткого межотопительного периода приводит к сдвигу сроков поставки материалов и начала ремонтных работ.

Важное методологическое значение имеют работы, в которых обосновывается, что основные резервы повышения эффективности строительного производства находятся в сфере управления инвестиционными процессами на предынвестиционной и проектной стадиях [10, с. 112]. Как отмечает П.П. Олейник [11, с. 87], основные потери рабочего времени и простои техники возникают вследствие недостаточно проработанных решений на стадии подготовки строительства.

В области цифровизации А.А. Гурьянов и А.П. Демидов [12, с. 4] на примере жилых комплексов показывают, что BIM-технологии сокращают сроки строительства за счет коллизионного анализа и повышения наглядности. К.Г. Башиянц [13] отмечает, что цифровое моделирование перестало быть сложной темой для проектировщиков, однако службы эксплуатации теплоэнергетических объектов крайне далеки от практического использования цифровых моделей.

Таким образом, анализ литературы выявляет многообразие факторов, влияющих на сроки реконструкции тепловых сетей, однако отсутствуют работы, в которых эти факторы были бы систематизированы и количественно оценены на основе эмпирических данных, а также проведено сравнение нормативной и фактической продолжительности для выявления возможных резервов сокращения сроков. Настоящее исследование направлено на восполнение данного пробела.

Результаты.

Результаты расчета продолжительности тремя методами представлены в таблице 1.

Фактическая продолжительность оказалась почти в 3 раза меньше нормативной и на 38% меньше расчетной.

Достигнутое опережение обусловлено следующими факторами, которые уже внедрены подрядными организациями:

- многолетний опыт реконструкции и ремонта инженерных коммуникаций в условиях плотной городской застройки;
- применение материалов высокой степени индустриализации: стальные трубы с заводской пенополиуретановой изоляцией (ППУ-изоляция) в полиэтиленовой оболочке, что исключает трудоемкие операции по нанесению изоляции на стройплощадке;
- поточная организация работ с совмещением операций (разработка траншеи, монтаж основания, укладка труб, изоляция стыков, обратная засыпка выполняются параллельно на разных захватках);
- эффективное календарно-сетевое планирование, минимизирующее простои техники и рабочих.

Таблица 1

Продолжительность реконструкции

Показатель	Нормативная прод-ть (по СНиП)	Расчетная прод-ть (MS Project)	Фактическая прод-ть	Отклонение факта от нормы	Отклонение факта от расчета
Дней	316	172	107	-209 (-66%)	-65 (-38%)
Месяцев	10,4	5,7	3,6	-6,8	2,1

Это доказывает, что возможности дальнейшего сокращения сроков на стадии СМР практически исчерпаны. Любые попытки «ускорить стройку» наталкиваются на технологические ограничения (по укладке бетона, сварке трубопроводов, техники безопасности и т.д.). Следовательно, основные резервы предотвращения срывов сроков и риска неготовности к отопительному периоду находятся не на этапе производства работ, а на предшествующих стадиях – планировании ремонтных программ, подготовке исходно-разрешительной и проектной документации, организации закупок и поставок материалов.

Проведенное исследование позволило выявить следующую структуру причин нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей (табл. 2).

Таблица 2

Причины и характеристики нарушения сроков реконструкции и ремонта тепловых сетей

Группа факторов	Доля случаев, %	Средняя задержка, дней	Наиболее частые причины
Организационные	42	21	Несвоевременная подготовка исходно-разрешительной документации, задержка согласований, ошибки в ПСД
Материально-технические	37	24	Нарушение сроков поставки МТР
Эксплуатационные	16	19	Выявление неучтенных дефектов, несоответствие фактической трассировки и технических характеристик участка, подлежащего реконструкции, данным проектной и исполнительной документации
Природно-климатические	5	7	Подтопление траншей, невозможность проведения земляных работ и работ по благоустройству

Наибольшую долю (42%) составляют организационные причины, средняя задержка по этой группе составляет 21 день, что в условиях ограниченного межотопительного периода (115–134 дня) является критическим.

Материально-технические факторы занимают второе место по частоте (37%), но приводят к наиболее длительным задержкам – в среднем 24 дня. Это связано с длительным производственным циклом специализированных материалов и пиковым спросом в сезон летней ремонтной компании.

Эксплуатационные причины (16% случаев, задержка 19 дней) обусловлены высокой степенью физического износа сетей. При вскрытии траншей часто выявляются дефекты, не учтенные в эксплуатационной документации (коррозия, повреждения изоляции, дефекты секционирующей запорной арматуры). Кроме того, к данной группе факторов отнесены причины, связанные с несоответствием технических характеристик участков сетей (диаметров, трассировки, типов прокладки, высотных отметок) данным исполнительной и проектной документации. В связи с чем требуется корректировка проектных решений и определение дополнительных объемов работ.

Природно-климатические факторы (5% случаев, задержка 7 дней) проявляются в виде превышения нормы осадков, подтопления траншей, при которых выполнение земляных и монтажных работ, восстановления благоустройства затруднено.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что основные резервы сокращения сроков реконструкции тепловых сетей лежат не в интенсификации самих строительно-монтажных работ, а в оптимизации предпроектных и подготовительных процессов. Этот вывод согласуется с положениями А.Н. Асаула и соавторов [10, с. 112], которые отмечают, что основные резервы повышения эффективности строительного производства находятся в сфере управления инвестиционными процессами на предынвестиционной и проектной стадиях.

Однако новизна настоящей работы заключается в количественном сравнении трех видов продолжительности на реальном объекте с использованием данных госэкспертизы. Ранее в литературе [4, 9, 14] лишь констатировалась важность предпроектной подготовки, но не приводилось численных доказательств того, что СМР уже не являются «узким местом».

Стоит отметить, что расчетная продолжительность (172 дня), полученная на основе сметных норм, все еще значительно превышает фактическую (107 дней). Это указывает на консервативность нормативной базы (СНиП, ТЕР/ФЕР) и необходимость ее актуализации с учетом современных технологий (предизолированные трубы, высокопроизводительная техника). С другой стороны, даже эта завышенная расчетная продолжительность не спасает от срывов, потому что задержки на предынвестиционной стадии (в среднем 21–24 дня) съедают весь временной резерв и без того короткого межотопительного периода.

Особого внимания заслуживает проблема подготовки исходно-разрешительной документации. Как показал анализ, в 19% случаев задержки были связаны именно с этим этапом. Типичные ситуации: отсутствие актуальных топографических съемок, несогласованность технических условий с ресурсоснабжающими организациями, задержки в получении разрешения на производство земляных работ от администрации города. Решением может стать переход к централизованному ведению цифровой карты подземных коммуникаций и внедрение «единого окна» для выдачи разрешительной документации с электронным межведомственным взаимодействием.

Материально-технические задержки, хотя и уступают организационным по частоте, являются наиболее длительными. Проблема усугубляется тем, что производство ППУ-труб и железобетонных лотков в России сконцентрировано на ограниченном числе заводов, а спрос в межотопительный период резко возрастает, создавая очереди.

Высокая степень износа тепловых сетей (в ряде регионов до 70–80%) приводит к тому, что при вскрытии трассы выявляются дефекты, не отраженные в документации. Для минимизации данного фактора необходимо внедрение регулярной диагностики (магнитная и акустическая дефектоскопия) с занесением результатов в единую цифровую базу данных, что позволит создать точную цифровую модель состояния сетей и прогнозировать объемы ремонта [8, с. 59].

Таким образом, проблема нарушения сроков реконструкции тепловых сетей носит системный характер и требует комплексного подхода, ключевым элементом которого должна стать цифровая трансформация процессов управления – внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) для создания единой цифровой информационной модели тепловых сетей, интеграции данных о техническом состоянии, проектной и исполнительной документации, а также автоматизации закупочных процедур. Как показано в исследованиях [15, с. 196], применение ТИМ позволяет сократить время подготовки ремонтных программ на 35–40% за счет исключения ручных операций и ускорения согласований.

Заключение. В результате исследования получены следующие основные выводы:

1. Фактическая продолжительность строительно-монтажных работ (107 дней) в 3 раза ниже нормативной (316 дней) и на 38 % ниже расчетной (172 дня), построенной на основе календарно-сетевого графика по данным сметной документации, прошедшей госэкспертизу. Это доказывает высокую степень оптимизации стадии СМР подрядными организациями (опыт, применение предизолированных труб, поточные методы).
2. Основными причинами нарушения сроков реализации мероприятий по реконструкции и ремонту являются организационные (42% случаев) и материально-технические (37% случаев) факторы.
3. Для снижения рисков срыва отопительного периода необходимо переходить к цифровому управлению жизненным циклом тепловых сетей (BIM-технологии), автоматизируя формирование исходных данных, спецификаций и согласований.

Литература

1. Аналитический доклад. Состояние системы коммунальной инфраструктуры (качество, надежность, соответствие современным требованиям): проблемы и вызовы // Совет ЖКХ. 2024. С. 6 – 9.
2. Сальников К. Е. Отечественный опыт сокращения продолжительности строительства // Финансы и управление. 2020. № 4. С. 41.
3. Глотина Ю. И. Факторы, влияющие на сроки строительства / Рыжкова А.А., Арутунян // Научные труды КубГТУ. 2018. № 9. С. 65.
4. Зеленцов Д. В. Причины возникновения дефектов тепловой сети // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 2. С. 10–13.
5. Синенко С. А. Внедрение методики оценки поставщиков как один из способов сокращения сроков строительства / И.М. Мирошникова // Системные технологии. 2018. №27. С. 14 – 18.
6. Шеина С. Г. Устойчивое развитие территорий, городов и предприятий. 2018. т. 2.
7. Schuldt, S.J.; Nicholson,M.R.; Adams, Y.A., II; Delorit, J.D.Weather-Related Construction Delays in a Changing Climate: A Systematic State-of-the-Art Review // Sustainability. 2021. С. 13.
8. Заетдинов А.В., Гаглина Н. Л. Об экономической эффективности технологий реконструкции тепловых сетей // Научный журнал НИУ ИТМО. №4. 2020. С. 59 – 69.
9. Колесникова О. В., Карпин Д.М. О проблемах осуществления закупок в сфере теплоснабжения // Новости теплоснабжения. №10. 2017. С. 12 – 14.
10. Асаул А.Н., Старинский В.Н., Ипатьев Ю.В. Управление инвестиционно-строительными проектами: теория и практика. СПб.: Гуманистика, 2022. 350 с.
11. Организация строительного производства: Научное издание /. Олейник П.П. М.: Издательство АСВ, 2010. 576 с.
12. Гурьянов А.А. Применение цифровых технологий для сокращения срока строительства зданий и сооружений / Демидов А.П. // «COLLOQUIUM – JOURNAL». 2023. № 14. С. 4 – 5.
13. Башиянц К.Г. Краткая сводка о применении технологии информационного моделирования (BIM) применительно к объектам теплоэнергетики//сайт «РосТепло». 2025. // Электронный ресурс https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4379#
14. Кирюхин С.Н. Анализ изменения средневзвешенного периода эксплуатации теплопроводов в зависимости от объемов реконструкции тепловых сетей // АВОК. 2024.
15. Пешков В. В. Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели / Алексанин И. А. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 196–205.

The reasons for the violation of the terms of reconstruction and repair of heating networks

Smirnova T.I., Zalipaeva O.A.
Cherepovets State University

JEL classification: L61, L74, R53

The objective of the study is to identify and systematize the causes of delays in the reconstruction and repair of heating networks, and to quantitatively assess the influence of the established groups of factors on the duration of delays. The research methodology is based on the analysis of operational, design, and executive documentation, reports on the implementation of investment and repair programs, data on the execution of contracts and the supply of inventory items. An assessment of the duration of construction and installation works (standard, estimated, and actual) was performed using the example of a specific section of the heating network in Cherepovets. The results of the study showed that the actual duration of reconstruction (107 days) was significantly shorter than the standard (10.4 months) and estimated (172 days). Organizational and logistical factors were identified as the main reasons for the failure to meet deadlines. This allows us to conclude that the main reserves for reducing the implementation time of measures and mitigating the risks of delays in the start of the heating season are not located at the stage of execution of works, but at the pre-investment stage (planning, design, preparation of initial permitting documentation, procurement). To address these issues, a transition to lifecycle management of heating networks based on information modeling technologies is required.

Keywords: heating networks, reconstruction, construction deadlines, reasons for delays, pre-investment planning, duration comparison, TIM.

References

1. Analytical report. The state of the municipal infrastructure system (quality, reliability, compliance with modern requirements): problems and challenges // Council of Housing and Communal Services. 2024. pp. 6-9.
2. Salnikov K. E. Domestic experience in reducing the duration of construction // Finance and Management. 2020. No. 4. P. 41.
3. Glotina Yu. I. Factors influencing the construction period / Ryzhkova A.A., Harutunyan // Scientific works of KubSTU. 2018. No. 9. p. 65.
4. Zelentsov D. V. Causes of defects in the heating network // Urban planning and architecture. 2022. Vol. 12, No. 2. pp. 10-13.
5. Sinenko S. A. Introduction of supplier assessment methodology as one of the ways to reduce construction time / I.M. Miroshnikova // System technologies. 2018. No. 27. pp. 14-18.
6. Sheina S. G. Sustainable development of territories, cities and enterprises. 2018. vol. 2.
7. Schuldt, S.J.; Nicholson,M.R.; Adams, Y.A., II; Delorit, J.D.Weather-Related Construction Delays in a Changing Climate: A Systematic State-of-the-Art Review // Sustainability. 2021. P. 13.

Метод повышения безопасности конструкций реконструируемых зданий и сооружений (на примере многоэтажного общественного здания исторического района городской среды)

Сойту Наталья Юрьевна
к.т.н., доцент, кафедра Строительная механика, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, natali_s01@mail.ru,

Алейникова Маргарита Анатольевна
к.т.н., доцент, кафедра Строительная механика, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, aleynikova_marg01@mail.ru

В статье проведен анализ актуальных вопросов повышения/достижения показателей конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности строительных конструкций реконструируемых зданий и сооружений.
Рассмотрена научная гипотеза о целесообразности развития и совершенствования фундаментальных теоретических основ и методов строительной механики, с целью повышения конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности строительных конструкций (на примере анализа особенностей определения/расчета параметров несущей способности сталежелезобетонных плит перекрытий), применяемых при реконструкции строительных объектов, расположенных в исторических районах современной городской среды.
Проведенный анализ показал, что развитие и совершенствование теоретических основ способны привести к значительному повышению конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности сталебетонной/сталежелезобетонной плиты, а также расширить возможности для других, прикладных и экспериментальных методов исследований для определения/расчета параметров несущей способности.
Ключевые слова: методы расчета, конструктивная безопасность, объекты реконструкции, традиционные и инновационные решения, строительная механика, сталежелезобетонные плиты перекрытий.

Введение

Устойчивость и безопасность эксплуатации строительных (архитектурно-строительных) конструкций систем является приоритетной и актуальной задачей современной строительной и градостроительной деятельности [1,2].

Значительное большинство зданий и сооружений, допущенных к эксплуатации в формате строительного объекта, завершенного строительством, (объекта нового строительства) характеризуются достаточным уровнем качества, прежде всего, конструкционной безопасности.

Данное состояние строительных конструкций и систем зданий и сооружений различного функционального назначения формируется вследствие следующих основных факторов строительной отрасли [3]:

– прямого учета установленных условий эксплуатации, безусловного выполнения положений/требований действующих нормативно-технических, нормативно-технологических, нормативно-правовых регламентов;

– использования рациональных методов проектирования свойств и состояний строительных конструкций, включая цифровое/информационное моделирование;

– применения эффективных (традиционных и инновационных) строительных конструкций, материалов и технологий изготовления и возведения.

В силу объективных обстоятельств, ни один из приведенных факторов не действует в отношении зданий и сооружений, которые рассматриваются на современном этапе, как объекты реконструкции городской среды.

На рис. 1 приведена обобщенная структура факторов, которые определяют целесообразность производства реконструкции эксплуатируемого здания или сооружения, а также формат и масштаб мероприятий, обеспечивающих конструкционную безопасность и эффективность функционирования объекта реконструкции.

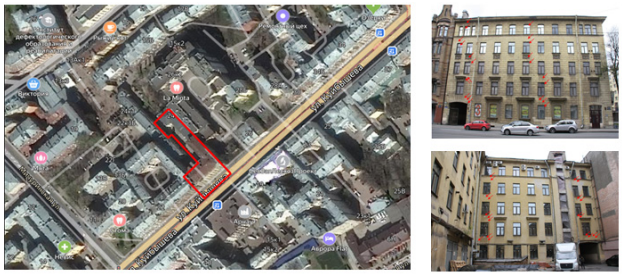
Рис. 1. Факторы влияния на формат и масштаб мероприятий по повышению конструкционной безопасности объекта реконструкции

В ходе разработки и практической реализации мероприятий, направленных на повышение/достижение показателей функциональной эффективности и конструкционной безопасности строительных конструкций, изменения могут быть реализованы в отношении изменения свойств и состояний: отдельного конструктивного элемента, системы или конструктивной схемы строительного объекта; изменения параметров объемно-планировочной композиции, перепланировки площадей помещений, трансформации состава и назначения отдельных конструктивных элементов, модификации (демонтажа) устройств и оборудования, инженерных систем.

Особенности реконструкции строительных объектов, расположенных в исторических районах городской среды

Обеспечение/повышение показателей качества и безопасности, прежде всего, конструкционной безопасности строительных конструкций, эксплуатируемых в течение значительного периода времени, становится сложной и ответственной задачей проектной деятельности, в особенности, в отношении зданий и сооружений, расположенных в исторических районах современной городской среды [6,7].

На рис.2 приведены градостроительные особенности расположения объекта реконструкции; в составе исторического района застройки современной городской среды.



Здание общественного назначения, расположенное в Петроградском административном районе г. Санкт-Петербурга, по адресу: ул. Куйбышева., дом 24, литера Б, в зоне исторической застройки.

Рис. 2. Градостроительные особенности расположения объекта реконструкции

Результаты инженерно-технического обследования строительных конструкций здания, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Куйбышева, д. 24 литера Б, выявили недостаточный (в соответствии с действующими требованиями нормативно-технических документов) уровень конструктивной безопасности и технического состояния несущих строительных конструкций (части междуэтажных перекрытий и стен бескаркасной, многоэтажной схемы), который препятствует нормальной эксплуатации здания, с учетом его предполагаемого перепрофилирования и адаптации к общественной функции [5].

Методы восстановления показателей безопасности конструкций объектов реконструкции

Анализ возможных направлений разработки проектных решений в отношении повышения показателей конструкционной безопасности несущих конструкций потребовал системного подхода к условиям реализации доступных методов восстановления качества строительных конструкций, с учетом градостроительных, конструкционных, технологических особенностей.

На рис.3 приведена классификация и характеристика доступных методов обеспечения/повышения качества, прежде всего, конструкционной безопасности, несущих строительных конструкций.

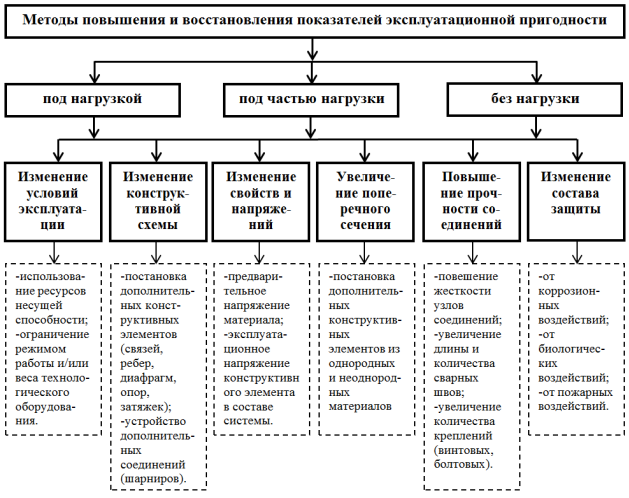


Рис. 3. Классификация и характеристика доступных методов обеспечения конструкционной безопасности, несущих строительных конструкций

В отношении обеспечения/повышения качества, прежде всего, конструкционной безопасности, несущих строительных конструкций рассматриваемого объекта реконструкции приняты к рассмотрению следующие основные возможности и способы реализации проектных решений [6,7]:

– применение несущей строительной конструкции инновационного вида, обеспечивающей достаточный/требуемый уровень конструкционной безопасности, при традиционном способе определения/расчета параметров свойств и состояний проектируемой конструкции;

– применение несущей строительной конструкции традиционного вида, обеспечивающей достаточный/требуемый уровень конструкционной безопасности, при традиционном способе определения/расчета параметров свойств и состояний проектируемой конструкции;

– применение несущей строительной конструкции инновационного вида, обеспечивающей достаточный/требуемый уровень конструкционной безопасности, при инновационном способе определения/расчета параметров свойств и состояний проектируемой конструкции.

В отношении восстановления/повышения конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности стен рассматриваемого объекта реконструкции принят прием применения традиционной строительной конструкции и традиционного способа определения/расчета параметров свойств и состояний проектируемой конструкции.

В отношении восстановления/повышения конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности части междуэтажных перекрытий рассматриваемого объекта реконструкции принят прием применения инновационной строительной конструкции и инновационного способа определения/расчета параметров свойств и состояний проектируемой конструкции.

В качестве несущей строительной конструкции инновационного вида принят формат монолитной сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия, с применением листов профилированного настила (профнастила), рассматриваемого в качестве рабочей арматуры, обеспечивающей восприятие расчетных нагрузок на этапе эксплуатации плиты перекрытия, а также несъемной опалубки, обеспечивающей устойчивость формы плиты перекрытия на этапе ее возведения [8,9].

На рис.4 представлена концепция проектного решения, принятого в отношении обеспечения конструкционной безопасности несущих строительных конструкций междуэтажного перекрытия инновационного вида (монолитной сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия).

Рис. 4. Проектное решение в отношении обеспечения конструкционной безопасности несущих строительных конструкций междуэтажного перекрытия

Выбор/назначение вида профилированного настила (профнастила), геометрических параметров конструкции/плиты междуэтажного перекрытия, физико-механических параметров бетона является результатом применения соответствующего метода определения/расчета параметров рассматриваемой несущих конструкций и оказывает прямое влияние на показатели конструкционной безопасности, эффективности устройства/возведения и последующей эксплуатации.

Методы определения/расчета параметров несущих конструкций, обеспечивающих условия безопасной и эффективной эксплуатации междуэтажных перекрытий объекта реконструкции

Доступные для применения, современные методы определения/расчета параметров несущих конструкций, обеспечивающих условия безопасной и эффективной эксплуатации междуэтажных перекрытий объекта реконструкции, можно свести в следующие основные группы:

– методы экспериментальные;

– методы аналитические;

– методы цифрового/информационного моделирования.

Именно многочисленные и разнообразные экспериментальные исследования позволили выявить характеристики основных структурных элементов (бетона и профнастила), условия и особенности их взаимодействия в составе единой и целостной несущей конструкции, а также сформировать достаточную эмпирическую базу для разработки аналитических/расчетных зависимостей (рис. 5).

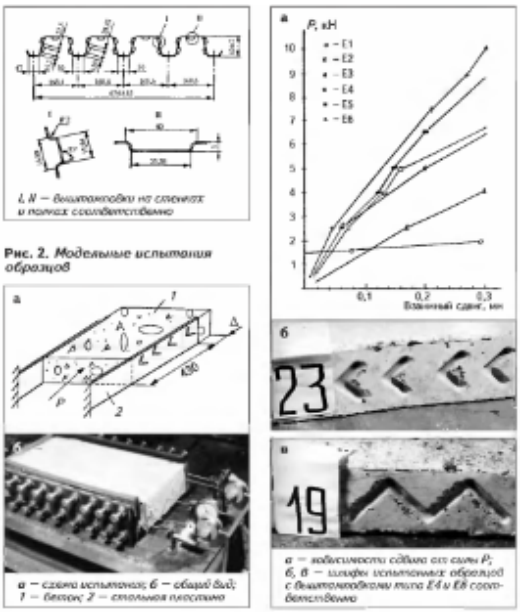


Рис. 5. Результаты экспериментальных исследования образцов сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия [10]

Экспериментальные методы определения параметров несущей способности признаны единственно достоверными, которые позволяют определять точно и однозначно параметры напряженно-деформированного состояния для установленного, конкретного конструктивного решения монолитной сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия [10,11].

Аналитические методы расчета позволяют определить количественные значения параметров несущей способности монолитной сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия (для различных расчетных схем, сочетаний приложения нагрузки, вида и характеристик основных структурных элементов) посредством расчетных зависимостей, отображающих возможные состояния плиты перекрытия [10,12].

На рис. 6,7 приведены основные расчетные схемы, которые получили распространение в аналитических методах расчета.

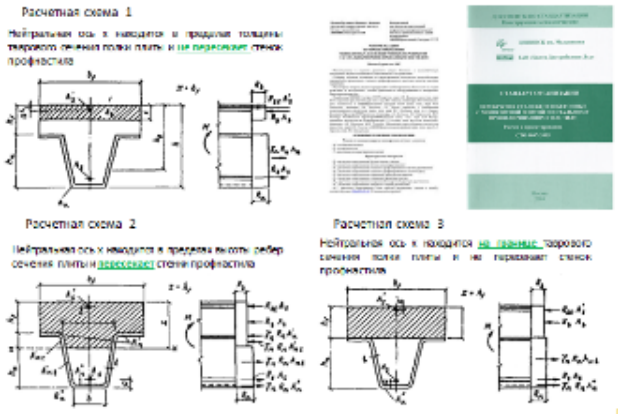


Рис. 6. Аналитический метод расчета сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия. Отечественная методическая база

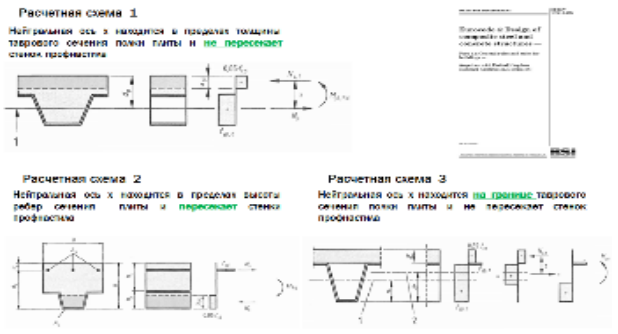


Рис. 7. Аналитический метод расчета сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия. Зарубежная методическая база

Именно аналитические методы составляют основу нормативно-технических документов, устанавливающих требования к определению параметров несущей способности монолитных сталебетонных/сталежелезобетонных плит перекрытий.

Цифровое/информационное моделирование является современным, универсальным способом определения параметров напряженно-деформированного состояния строительных конструкций различного функционального назначения, включая и конструктивные решения монолитных сталебетонных/сталежелезобетонных плит перекрытий [13,14].

Применение цифровых/информационных моделей позволяет определять параметры несущей способности конструктивного решения монолитной сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия, с учетом особенностей использования конкретного типа конечного элемента (рис. 8).

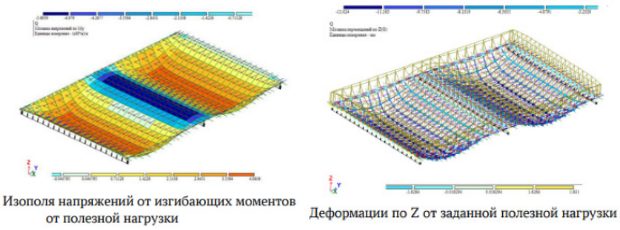


Рис. 8. Пример результатов анализа параметров несущей способности сталебетонной/сталежелезобетонной плиты перекрытия с применением цифровой модели

Заключение

Решение научно-технических проблем и практических/производственных задач рассмотренными в работе методами не исключает перспективного направления исследований фундаментальных теоретических методов расчета параметров напряженного состояния сталебетонных/сталежелезобетонных плит перекрытий.

Концептуальный/фундаментальный подход к оценке функциональной эффективности стального профилированного настила, состоящего из системы профилей, соединенных между собой и представляющих последовательно соединенные тонкостенные пластины, основан на положениях по теории Кармана – Винтера (теории закритической несущей способности для тонкостенных холодногнутых стальных профилей/пластин).

Распределение напряжений в пластине от внешней нагрузки по ширине пластины b представляют в виде эквивалентных равномерно распределенных напряжений, приходящихся на участки равной ширины b/2, прилегающих к граням опирания пластины. Напряжения в средней части, наиболее подверженной потере местной устойчивости, принимают равными нулю и исключают из работы на внешнюю нагрузку. Результатом этих допущений является условная модель пластины, в которой на уменьшенную ширину, называющуюся совместно работающей, действуют равномерно распределенные нормальные напряжения величиной, равной пределу текучести для стали (рис.9).

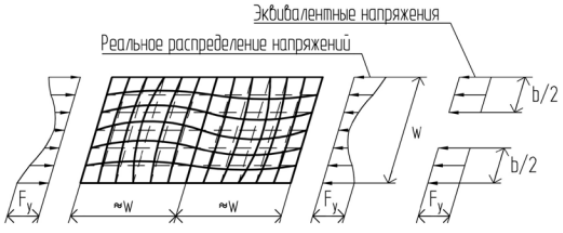


Рис. 9. Концепция эффективной ширины применительно к пластике в контексте приложения теории/критерия прочности Кармана – Винтера [15]

При изгибе стального профилированного настила его верхние горизонтальные полки работают на сжатие, а нижние – на растяжение, а наклонные стенки на изгиб и в опорном сечении дополнительно на сжатие от действия поперечной силы.

В качестве возможных направлений развития и совершенствования теоретических основ несущей способности для тонкостенных холодногнутых стальных профилей именно методами строительной механики можно выделить исследования:

– прочности связей на сдвиг монолитной плиты, армированной профилированным листом и скрепленной со стальной балкой гибкими цилиндрическими анкерами;

– анализ взаимного влияния формы профнастила, его толщины, формы размеров, мест расположения, марки бетона на параметры несущей способности сталежелезобетонной плиты/

Реализация рассмотренных направлений развития и совершенствования теоретических основ несущей способности способна привести к значительному повышению конструкционной безопасности и эксплуатационной эффективности сталебетонной/сталежелезобетонной плиты, а также расширить возможности для других методов исследований.

Литература

1. Яковлева М.В., Фролов Е.А. Обеспечение безопасности строительных конструкций при эксплуатации строительного фонда // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей. – Самара: Самарский государственный технический университет. 2018. – С. 534-537.
2. Диденко В.А. Конструктивная безопасность зданий: способы повышения надежности конструкций сооружений // Экономика и безопасность. – 2025. – № 9. – С. 119-122.
3. Дербенева А.В. Контроль качества строительной продукции: обзор и актуальность // Исследования молодых ученых: материалы XCV Международной научной конференции, Казань, 20–23 января 2025 года. – Казань: Молодой учёный, 2025. – С. 18-21.
4. Котлярова Е.В., Сенькина А.А. Особенности проектирования и реконструкции объектов современной архитектуры в исторической застройке // Новые задачи технических наук и пути их решения: сборник статей Международной научно-практической конференции, Пермь, 10 апреля 2016 года. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 55-57.
5. Отчет инженерно-технический, по результатам инженерно-технического обследования строительных конструкций здания, расположенного по адресу: город Санкт-Петербург, ул. Куйбышева, дом 24 литера Б. Договор №20.006-ОБС. – Санкт-Петербург: ОАО «Евродом». 2020. – 291 с.
6. Шихов А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий: монография – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. – 399 с.
7. Сикорская М.Н., Рогозин А.А. Современные аспекты реконструкции жилых зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 366-369.
8. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 52 - 57.
9. Буркова, О. В. Расчет и проектирование сталежелезобетонных перекрытий по профилированному настилу // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2024. – № 1. – С. 459-461.
10. Айрумян Э.Л., Румянцева И.А. Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 25-27.
11. Кочерженко В.В., Сапожников П.В., Кузнецов В.В. Планирование эксперимента испытания выштамповки на сдвиг в перпендикулярном направлении // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 11(107). – С. 409-425.
12. Иоскевич В. В. Сравнение методов расчета сталежелезобетонных плит по СП 266.1325800.2016 и СП 63.13330.2012 // Приоритетные направления развития науки и образования: Монография / Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 197-204.
13. Постанен С.О., Постанен А.Ю. Сравнение методов моделирования сталежелезобетонной плиты перекрытия в ПК ЛИРА // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: материалы V Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 29–30 ноября 2017 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 261-266.
14. Багаев З.С., Борукаев Б.М. Методика моделирования стажелезобетонного перекрытия с профилированным настилом в ПК Лира САПР // Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций: сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 20–21 октября 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 18-21.
15. Karman T. von, Sechler E.E., Donnell L.H. The Strength of Thin Plates in Compression // Transactions, Applied Mechanics Division. – 1932. – Pp. 53–57.

Method for improving the safety at the structures in reconstructed buildings and structures (using the example of a multi-story public building of a historical district of the urban environment)

Soytu N.Yu., Aleynikova M.A.
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article analyzed topical issues for increasing/achieving indicators at the structural safety and operational efficiency the building structures in reconstructed buildings and structures.

A scientific hypothesis was considered on the feasibility of developing and improving the fundamental theoretical foundations and methods at the structural mechanics in order to increase the structural safety and operational efficiency in building structures (on the example for analyzing the features of determining/calculating the parameters at the bearing capacity in steel-reinforced concrete floor slabs) used in the reconstruction of construction sites located in historical areas at the modern urban environment.

The analysis showed that the development and improvement at the theoretical foundations can lead to a significant increase in the structural safety and operational efficiency of a steel-concrete/steel-reinforced concrete slab, as well as expand the possibilities for other, applied and experimental research methods for determining/calculating bearing capacity parameters.

Keywords: calculation methods, structural safety, reconstruction objects, traditional and innovative solutions, construction mechanics, steel-reinforced concrete floor slabs.

References

1. Yakovleva M.V., Frolov E.A. Ensuring the safety of building structures during the operation of the building stock//Traditions and innovations in construction and architecture. Construction: a collection of articles. – Samara: Samara State Technical University. 2018. – Pp. 534-537.
2. Didenko V.A. Structural safety of buildings: ways to increase the reliability of structures // Economics and safety. – 2025. – Vol. 9. – Pp. 119-122.
3. Derbeneva A.V. Quality control of construction products: review and relevance // Research of young scientists: materials XCV International Scientific Conference, Kazan, January 20-23, 2025. – Kazan: Young Scientist, 2025. – Pp. 18-21.
4. Kotlyarova E.V., Senkina A.A. Features of design and reconstruction of objects of modern architecture in historical buildings // New tasks of technical sciences and ways to solve them: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Perm, April 10, 2016. – Perm: Aeterna Company, 2016. – Pp. 55-57.
5. Engineering report on the results of engineering and technical survey of building structures at the building located at: St. Petersburg, st. Kuibyshev, house 24 letter B. Contract No. 20.006-OBS. – St. Petersburg: OJSC Eurodom. 2020. – 291 p.
6. Shikhov A.N. Reconstruction of civil and industrial buildings: monograph – Perm: CPI "Prokrost," 2015. – 399 p.
7. Sikorskaya M.N.A., Rogozin A.A. Modern aspects of the reconstruction of residential buildings // Science. Technology. Technology (Polytechnic Bulletin). – 2020. – Vol. 1. - Pp. 366-369.
8. Tamrazyan A.G., Harutyunyan S.N. To assess the reliability of steel-reinforced concrete floor slabs with profiled flooring // Bulletin of Civil Engineers. – 2015. – Vol. 6 (53). - Pp. 52-57.
9. Burkova, O. V. Calculation and design of steel-reinforced concrete floors on profiled flooring // Scientific progress - the work of young people. – 2024. – Vol. 1. - Pp. 459-461.
10. Ayrumyan E.L., Rumyantseva I.A. Reinforcement of the monolithic reinforced concrete slab with steel profiled flooring // Industrial and civil construction. – 2007. – Vol. 4. – Pp. 25-27.
11. Kocherzhenko V.V., Sapozhnikov P.V., Kuznetsov V.V. Planning an experiment for testing stamping for shear in the perpendicular direction // Engineering Bulletin of Don. – 2023. – Vol. 11(107). – Pp. 409-425.
12. Joskevich V.V. Comparison of methods for calculating steel-reinforced concrete slabs according to SP 266.1325800.2016 and SP 63.13330.2012//Priority areas for the development of science and education: Monograph/Edited by G.Yu. Gulyaev. – Penza: "Science and Enlightenment" (IP Gulyaev G.Yu.), 2017. – Pp. 197-204.
13. Postanen S.O., Postanen A.Yu. Comparison of methods for modeling steel-reinforced concrete slab in PC LIRA // Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastre at the beginning of the III millennium: materials of the V International Scientific and Practical Conference: in 2 parts, Komsomolsk-on-Amur, November 29-30, 2017 years. Volume Part 2. – Komsomolsk-on-Amur: Komsomolsky-on-Amur State Technical University, 2018. - Pp. 261-266.
14. Bagaev Z.S., Borukaev B.M. Methodology for modeling reinforced concrete flooring with profiled flooring in PC Lira CAD // Strategic development of the innovative potential of industries, complexes and organizations: collection of articles of the X International Scientific and Practical Conference, Penza, October 20-21, 2022. – Penza: Penza State Agrarian University, 2022. – Pp. 18-21.
15. Karman T. von, Sechler E.E., Donnell L.H. The Strength of Thin Plates in Compression // Transactions, Applied Mechanics Division. – 1932. – Pp. 53–57.

Радиационная стойкость конструкционных материалов марсианской научно-исследовательской базы: анализ механизмов взаимодействия и стратегий защиты

Флоренский Владислав Михайлович
инженер, лаборатория №69, НИИ строительной физики РААСН, florensky1986@gmail.com,

Белов Вячеслав Васильевич
канд. техн. наук, доцент, кафедра строительства объектов тепловой и атомной энергетики, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), BelovVV@mgsu.ru

Создание долговременной марсианской научно-исследовательской базы требует решения комплекса инженерных задач, среди которых одной из критических является обеспечение радиационной стойкости конструкционных и защитных материалов. В отличие от существующих обзоров, преимущественно посвящённых описанию самого радиационного фона планеты, в настоящей работе акцент сделан на механизмах взаимодействия ионизирующих излучений с материалами строительных конструкций — реголитом, водородсодержащими полимерами, алюминиевыми каркасами, водо- и льдонаполненными экранами. Рассмотрены процессы радиолиза, радиационной деградации, наведённой активности и накопления структурных дефектов, оцениваемых через параметры DPA (displacements per atom) и NIEL (non-ionizing energy loss). Предложен алгоритм выбора материалов с учётом их ресурса в условиях марсианского радиационного поля и обоснована многослойная архитектура защиты. Результаты исследования формируют материаловедческую основу для разработки нормативных требований к проектированию радиационно-безопасных обитаемых объектов на Марсе.

Ключевые слова: радиационная стойкость материалов, конструкционные материалы марсианской базы, радиационная деградация полимеров, наведённая радиоактивность, гидрогенизированные композиты, многослойная радиационная защита, строительство на Марсе.

Введение

Стратегические программы освоения Марса предполагают развёртывание на его поверхности обитаемых научно-исследовательских баз, рассчитанных на длительное пребывание экипажа [1]. Основные технические трудности проектирования таких объектов связаны не столько с самим существованием экстремального радиационного фона, сколько с поведением конструкционных материалов под его непрерывным воздействием. Вопрос «из чего и как строить» оказывается тесно сопряжён с вопросом «насколько долго материал сохранит свои защитные и несущие характеристики».

Ионизирующее излучение на поверхности Марса представлено тремя основными компонентами: галактическими космическими лучами (ГКЛ), солнечными энергичными частицами (СЭЧ) и вторичными нейтронами, образующимися при взаимодействии первичных потоков с атмосферой и реголитом. По данным детектора RAD марсохода Curiosity и нейтронного телескопа HEND аппарата Mars Odyssey, среднегодовая поглощённая доза на поверхности достигает 230–260 мЗв при сравнительно тонкой атмосфере (давление около 0,6 кПа) и отсутствии глобального магнитного поля. Эти значения примерно в сто раз превышают уровень земного радиационного фона [2, 3].

Однако дозиметрические оценки сами по себе не дают ответа на ключевые инженерные вопросы: какой материал и в каком объёме сохранит требуемые свойства на горизонте десятков лет; какие реакции активации возникнут в выбранном материале; как изменится механическая прочность защитного экрана к концу нормативного срока службы. Систематизированный отечественной нормативной базой подход к радиационной безопасности экипажа космического аппарата [4, 5] разработан применительно к околоземному пространству и не учитывает специфику длительной экспозиции конструкций под спектром ГКЛ на марсианской поверхности.

Материалы и методы

В основу работы положен системный анализ литературных и экспериментальных данных, охватывающих три предметных области: радиационная физика марсианской поверхности, радиационное материаловедение и проектирование космических обитаемых конструкций. Обработке подвергались рецензируемые публикации, отчёты миссий NASA и ESA, отечественные нормативные документы серии ГОСТ 25645 [4–6], а также результаты численного моделирования транспорта излучений в защитных композициях.

Для количественной оценки радиационных повреждений в материалах применялся аппарат, основанный на параметрах DPA (displacements per atom — число смещений на атом) и NIEL (non-ionizing energy loss — неионизирующие потери энергии). Расчёт DPA проведён в приближении модели Кинчина–Пиза при пороговой энергии смещения атомов $E_d \approx 25$ эВ для большинства металлических материалов [7]. Для оценки радиолиза полимерных материалов использовался метод выходов радикалов G(R) при стандартном нормировании на 100 эВ поглощённой энергии.

Сопоставление защитных свойств материалов выполнено через параметр HVL (half-value layer — толщина слоя половинного ослабления) применительно к спектру первичных и вторичных частиц на марсианской поверхности. Анализ накопления наведённой активности проводился для типичных строительных составов с учётом сечений захвата нейтронов основными элементами реголита и каркасных металлов.

Результаты исследования

Краткая характеристика радиационного поля марсианской поверхности

Из-за практически остывшего ядра планеты [8] глобальное магнитное поле Марса отсутствует, а тонкая углекислотная атмосфера (95% CO_2, толщина по массе 16–22 г/см²) обеспечивает лишь частичное поглощение первичного излучения. ГКЛ, состоящие в основном из протонов с энергиями от единиц МэВ до десятков ГэВ, обеспечивают 70–80% годовой дозы на поверхности; СЭЧ дают 5–15% в фоновых условиях, но во время мощных солнечных событий их вклад может временно превышать

50%; на вторичные нейтроны приходится 20–30% дозы [3, 9]. Вклад природных радионуклидов реголита (K-40, Th-232, U-238) пренебрежимо мал и не превышает 1% от суммарной дозы [10].

С точки зрения материаловедения значимым является не столько распределение этих компонент в общем балансе, сколько различие в характере их повреждающего действия: тяжёлые ионы ГКЛ создают локальные кластеры дефектов вдоль трека, протоны СЭЧ — преимущественно ионизационные потери, а вторичные нейтроны — каскадные смещения атомов в кристаллической решётке и реакции активации.

Сводные характеристики радиационного поля приведены в таблице 1.

Таблица 1

Компоненты радиационного поля поверхности Марса и характер их воздействия на материалы

Компонента	Доля дозы, %	Тип потерь	Преобладающий механизм повреждения
ГКЛ (тяжёлые ионы HZE)	70–80	Ионизация + ядерные	Локальные треки, разрыв связей, смещения
СЭЧ (солнечные протоны)	5–15 (до 50 во время вспышек)	Преимущественно ионизация	Радиолиз, накопление радикалов в полимерах
Вторичные нейтроны	20–30	Упругое и неупругое рассеяние	Каскадные смещения атомов, активация
Природные радионуклиды реголита	< 1	β, γ	Незначителен на фоне ГКЛ/СЭЧ

Рассмотрение основных каналов реакций образования вторичного излучения в атмосфере выходит за рамки настоящей работы и подробно изложено в источниках [9, 11]; здесь достаточно отметить, что генерируемые в углекислотной атмосфере нейтроны со спектром, простирающимся вплоть до энергий порядка сотен МэВ, формируют значительную часть нагрузки на конструкции базы и определяют выбор стратегии защиты от нейтронной компоненты.

Взаимодействие ионизирующих излучений с конструкционными материалами

Принципиальная особенность марсианской радиационной обстановки заключается в том, что значительная часть дозы поступает в форме нейтронов и тяжёлых заряженных частиц, способных не только к ионизации, но и к ядерным взаимодействиям с веществом конструкций. Это приводит к двум классам процессов: радиационной деградации (изменение физико-химических свойств материала) и наведённой радиоактивности (образование радиоактивных изотопов в составе самой защиты).

Реакции активации в реголите и каркасных металлах. Марсианский реголит обогащён железом, алюминием, кремнием и натрием. Все эти элементы характеризуются ненулевыми сечениями захвата нейтронов, что приводит к образованию короткоживущих и среднеживущих радионуклидов:

$^{27}Al + n \rightarrow {}^{28}Al + \gamma$, период полураспада ^{28}Al $T_{1/2} \approx 2{,}24$ мин; (1)

$^{28}Si + n \rightarrow {}^{28}Al + p$, пороговая реакция при $E_n > 4$ МэВ; (2)

$^{23}Na + n \rightarrow {}^{24}Na + \gamma$, $T_{1/2} \approx 14{,}96$ ч, γ-линии 1,37 и 2,75 МэВ; (3)

$^{56}Fe + n \rightarrow {}^{56}Mn + p$, $T_{1/2} \approx 2{,}58$ ч. (4)

Реакция (1) представляет наибольший практический интерес: при облучении алюминиевых элементов каркаса нейтронами вторичного потока образуется ^{28}Al, который, несмотря на короткий период полураспада, может создавать наведённый γ-фон внутри жилых модулей в режиме непрерывного облучения. Реакция (3) опасна более продолжительным распадом ^{24}Na, способного накапливаться в верхних слоях реголитной засыпки. Согласно расчётам [12], при толщине алюминиевого каркаса 5 мм и характерных потоках нейтронов на поверхности Марса равновесная активность ^{28}Al соответствует мощности дозы порядка единиц мкЗв/ч непосредственно у поверхности конструкции.

Радиационная деградация водородсодержащих полимеров. Наиболее эффективные нейтронзамедляющие материалы — полиэтилен высокой плотности (HDPE), полипропилен, кевлар (пара-арамидное волокно) — содержат большое количество атомов водорода в углеводородных цепях. Однако именно эти связи C–H и C–C наиболее уязвимы к ионизирующему излучению. При облучении в полимере одновременно протекают два конкурирующих процесса:

— радиационное сшивание (cross-linking), сопровождающееся повышением модуля упругости и хрупкости;

— радиационная деструкция, приводящая к снижению средней молекулярной массы и потере прочности.

Соотношение этих процессов определяется выходами G(X) — числом событий на 100 эВ поглощённой энергии. Для HDPE характерное значение G(сшивание) ≈ 1,0–3,0, G(разрыв цепи) ≈ 0,8–1,2 [13]. При накопленной поглощённой дозе порядка 1 МГр HDPE сохраняет конструкционные свойства, при 5–10 МГр наблюдается заметное охрупчивание, а при 20 МГр и выше — фрагментация и потеря защитных функций. Для условий марсианской поверхности доза в 10 МГр в наружном слое полимерного экрана набирается ориентировочно за 30–50 лет непрерывного облучения, что и формирует верхнюю границу ресурса полимерной защиты.

Кевлар, обладая исходно более высокой ароматичностью и упорядоченной структурой, демонстрирует лучшую радиационную стойкость в части механической прочности (потеря прочности на разрыв около 25–30% при 5 МГр), но менее эффективен как замедлитель нейтронов вследствие меньшего весового содержания водорода (около 4,5% против 14% у HDPE) [14, 15].

Радиолиз воды и водяного льда. Использование подповерхностного водяного льда либо привозной воды в составе защиты крайне эффективно с точки зрения замедления нейтронов, однако сопряжено с эффектами радиолиза:

$H_2O \rightarrow H\bullet + OH\bullet \rightarrow \frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}H_2O_2$. (5)

Характерное значение выхода $G(H_2)$ составляет около 0,45 молекул/100 эВ, $G(H_2O_2)$ — около 0,7 молекул/100 эВ [16]. Накопление молекулярного водорода в герметичных льдонаполненных экранах создаёт два инженерных риска: рост избыточного давления в полости защиты и снижение её замедляющей способности по мере замещения H_2O молекулярным H_2. Для марсианских условий критическая концентрация H_2 достигается за 8–12 лет в зависимости от мощности дозы и толщины слоя; это требует либо периодического сброса газа через каталитические клапаны, либо проектирования защиты с непрерывной циркуляцией теплоносителя.

Накопление структурных дефектов в металлах: параметры DPA и NIEL. Для конструкционных металлов марсианской базы (алюминиевые сплавы каркаса, титановые соединительные элементы) повреждения преимущественно описываются параметром DPA, представляющим число смещений каждого атома кристаллической решётки за время эксплуатации. По модели Кинчина–Пиза:

$n_d = 0{,}8 \cdot E_{PKA} / (2 \cdot E_d)$, (6)

где E_{PKA} — энергия первично выбитого атома, E_d — пороговая энергия смещения (около 25 эВ для большинства металлов), а коэффициент 0,8 учитывает частичное диссипативное рассеяние [7]. Расчёты для алюминиевого каркаса толщиной 3 мм при характерных потоках вторичных нейтронов и протонов СЭЧ дают значение DPA порядка 10^{-5} за марсианский год. За 30-летний срок эксплуатации это соответствует приблизительно $3 \cdot 10^{-4}$ DPA — уровень, не вызывающий существенного снижения механических свойств алюминиевых сплавов, но достаточный для проявления эффектов радиационного упрочнения и микроохрупкивания.

Параметр NIEL, в свою очередь, удобен для сопоставления повреждающего действия пучков различной природы (протонов, нейтронов, тяжёлых ионов) и применяется при инженерной квалификации электронных компонентов внутри защищённых отсеков базы [17].

Деградация защитных свойств конструкций во времени

Ключевой инженерной величиной для проектирования марсианской базы является не столько начальный коэффициент ослабления излучения материалом, сколько его эволюция во времени. На основании рассмотренных в разделе 3.2 механизмов можно выделить три типа поведения защитных материалов под марсианским радиационным полем:

— класс A (стабильные при пожизненной экспозиции): неорганические материалы — реголит в естественном и спечённом состояниях, базальт, керамики. Их защитные свойства практически не изменяются на горизонте 50–100 лет; основной риск связан только с накоплением наведённой активности в поверхностных слоях;

— класс B (деградирующие в инженерно значимых масштабах): водородсодержащие полимеры — HDPE, кевлар, сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWPE). Их ресурс определяется главным образом потерей механической прочности и составляет 20–50 лет в зависимости от толщины и положения слоя в защите;

— класс C (деградирующие быстро): жидкие и легколетучие материалы — вода в герметичных объёмах, рабочие среды теплоносителей. Требуют циклического обновления либо специальных систем рекомбинации продуктов радиолиза с типичным интервалом обслуживания 5–10 лет.

Сводная оценка ресурса основных конструкционных материалов в условиях марсианской поверхности приведена в таблице 2. Значения нормированы на референсную мощность дозы 240 мЗв/год при экваториальном положении базы.

Таблица 2
Ресурс конструкционных материалов марсианской базы по критерию сохранения защитных и несущих свойств

Материал	Класс стойкости	Расчётный ресурс, лет	Лимитирующий фактор
Реголит (естеств./уплотнённый)	A	> 100	Поверхностная активация (^{28}Al, ^{24}Na)
Спечённый базальт/реголит	A	> 100	Микротрещинообразование
HDPE (полиэтилен высокой плотности)	B	30–50	Деструкция цепи, охрупчивание
Кевлар (пара-арамид)	B	40–60	Потеря прочности на разрыв
Алюминиевый сплав каркаса	A/B	50–80	Микроохрупкивание (DPA)
Водяной лёд (in situ)	A	стабильно при T < 200 K	Сублимация, радиолиз приповерхностного слоя
Вода в герметичных капсулах	C	5–10	Радиолиз, рост давления H_2/H_2O_2

Из приведённых данных следует принципиальный вывод: попытка построить защиту базы исключительно на наиболее эффективных по нейтронному ослаблению водородсодержащих полимерах нерациональна с точки зрения долговечности. Защитная композиция должна быть гетерогенной, с разделением функций между долгоживущими (несущая и массивная защита) и обновляемыми (тонкие нейтронзамедляющие подслои) компонентами.

Архитектурно-конструктивные решения с учётом материаловедческих ограничений

Анализ механизмов взаимодействия излучений с материалами и оценка их ресурса позволяют сформулировать рациональные архитектурные принципы для марсианской базы. В литературе традиционно противопоставляются два сценария — доставка готового модуля с Земли и сборка на месте из отдельных элементов [18, 19]. Материаловедческий подход вносит в это сопоставление существенную поправку: оба сценария становятся уязвимыми, если основная защитная функция возложена на привозной полимер.

В случае доставки готового модуля проблема состоит в ограничении начальной массы и невозможности оперативной замены деградировавших слоёв; в случае сборки на месте — в радиационном повреждении полимерных элементов в процессе развёртывания, до завершения формирования наружного экрана из реголита. Пример концепции стационарного модуля, представленный NASA, показан на рисунке 1.

Рис. 1. Пример стационарной модульной марсианской базы по концепции NASA

Альтернативой служит концепция конструкций, частично или полностью укрытых местным реголитом. Возведение таких объектов не требует крупных земляных работ и сводится к двум технологическим операциям:

1. Развёртывание тонкой ограждающей оболочки на каркасе из лёгких полимерных или композитных стержней (принцип «купола-палатки») с последующей герметизацией внутреннего объёма.

2. Засыпка наружной поверхности слоем местного реголита расчётной толщины. Толщина определяется из условия достижения требуемой годовой эквивалентной дозы внутри модуля при принятом спектре первичного излучения, в соответствии с методиками [4, 6].

Концепция частично заглублённых сооружений показана на рисунке 2.

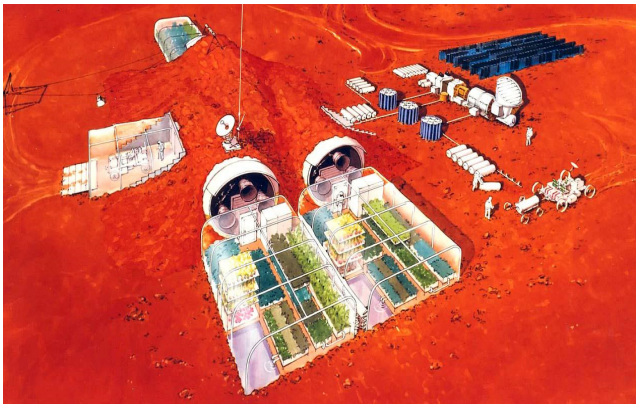


Рис. 2. Концепция частично укрытых реголитом сооружений (показана в центре композиции)

Наиболее перспективным с материаловедческой точки зрения представляется гибридное решение: несущий каркас из спечённого реголита (либо кевларового композита) с внутренней нейтронзамедляющей облицовкой из гидрогенизированного полимера и наружной массивной засыпкой реголита толщиной 1,5–2 м. Входная группа сохраняется в виде шлюзового объёма без реголитной засыпки и оборудуется лабиринтным переходом, обеспечивающим геометрическое снижение нейтронного потока в жилые отсеки. Облегчённый вариант такой конструкции изображён на рисунке 3.

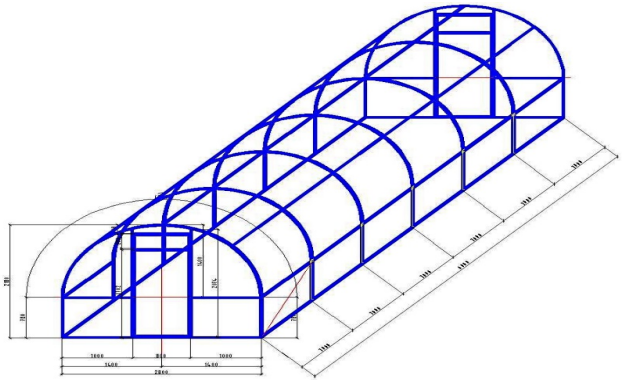


Рис. 3. Облегчённый вариант конструкции с реголитной засыпкой и лабиринтным входом

Архитектурное проектирование таких объектов должно учитывать геометрию падения первичного излучения: критически важные функциональные отсеки (медицинский блок, операционный центр) размещаются в центральной, наиболее экранированной зоне, а технические помещения с менее жёсткими требованиями к дозе — в периферийных. Адаптивность конструкции к 11-летнему циклу солнечной активности обеспечивается выделением «тонкого» убежища для защиты экипажа во время мощных солнечных протонных событий, рассчитанного на пиковые мощности дозы порядка 1–3 Зв за 72 ч.

Многослойная защита и расчёт ресурса

Для перехода от качественных оценок к инженерным расчётам необходимы значения толщин слоя половинного ослабления (HVL) основных материалов применительно к спектру ГКЛ на марсианской поверхности. Сводные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3
Толщина слоя половинного ослабления (HVL) для спектра ГКЛ на поверхности Марса

Материал	Плотность, г/см³	HVL, см	Особенности применения
Марсианский реголит	1,5–2,2	18–22	Зависит от влажности и уплотнения
Полиэтилен (HDPE)	0,93–0,97	8–10	Высокое содержание H, ограниченный ресурс
Вода / водяной лёд	1,0 / 0,92	10–12	Радиолиз, требует контроля давления
Кевлар (пара-арамид)	1,44	14–16	Несущая функция + защита, дороговизна
Спечённый базальт/реголит	2,8–3,0	12–15	Энергозатратное производство in situ

На основании данных таблицы 3 и с учётом разной долговечности материалов (раздел 3.3) обосновывается послойная компоновка защиты в направлении от внутреннего объёма модуля к наружной поверхности:

(I) внутренний герметизирующий слой — гидрогенизированный полимер (HDPE или UHMWPE) толщиной 8–12 см: основной нейтронзамедлитель, обновляется при плановой замене раз в 25–30 лет;

(II) промежуточный несущий слой — кевларовая ткань либо спечённый реголит толщиной 5–10 см: обеспечивает механическую целостность модуля и частичную защиту от ГКЛ;

(III) наружный массивный слой — местный реголит толщиной 1,5–2,0 м: основной экран от ГКЛ и медленных нейтронов, обладает практически бесконечным ресурсом по критерию защитных свойств.

Расчётные оценки эквивалентной дозы внутри жилого модуля для гибридной композиции «спечённый реголит — кевлар — HDPE — наружная засыпка реголита» дают суммарную толщину защиты порядка 2,2–2,8 м и годовую эквивалентную дозу ≤50 мЗв, что соответствует рекомендациям отечественных нормативов по предельным дозам для длительных межпланетных полётов [4, 5]. При учёте размещения базы в районе с повышенным содержанием подповерхностного водяного льда (≥10% по массе по данным GRS Mars Odyssey) дозовая нагрузка дополнительно снижается на 15–25% за счёт естественного нейтронного экранирования реголита, обогащённого водородом [20].

Заключение

Проведённый материаловедческий анализ радиационной обстановки марсианской поверхности в применении к конструкционным и защитным материалам обитаемой базы позволяет сформулировать следующие основные результаты.

Во-первых, ключевыми критериями выбора материалов для марсианской базы являются не только начальные характеристики ослабления (HVL, плотность), но и эволюция этих характеристик во времени под воздействием комплексного радиационного поля. Систематизация материалов по классам стойкости (A–C) даёт инженеру практический инструмент для назначения слоёв многослойной защиты с прогнозируемым сроком службы.

Во-вторых, установлено, что использование исключительно водородсодержащих полимеров в качестве основной защиты нецелесообразно ввиду их радиационной деградации на горизонте десятилетий. Оптимальной является послойная композиция «спечённый реголит — кевлар — HDPE — наружная засыпка реголита» суммарной толщиной 2,2–2,8 м, обеспечивающая годовую дозу внутри модуля ≤50 мЗв и срок межрегламентного обслуживания не менее 25 лет.

В-третьих, особое внимание при проектировании марсианских конструкций должно быть уделено эффектам наведённой радиоактивности (особенно по реакциям $^{27}Al(n,\gamma)^{28}Al$ и $^{23}Na(n,\gamma)^{24}Na$), а также контролю радиолиза водо- и льдосодержащих защитных слоёв с предусмотренным сбросом продуктов разложения.

В-четвёртых, материаловедческие данные должны быть интегрированы в нормативную базу проектирования. Действующая отечественная серия ГОСТ 25645 [4–6] требует расширения применительно к условиям марсианской поверхности с учётом длительной экспозиции и долговечности конструкционных материалов.

Литература

1. Резолюция V Международной научно-практической конференции «Российский форум изыскателей» (18–23 сентября 2023 г.) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Ассоциации СРО «Балтийское объединение проектировщиков». URL: https://srobop.ru/i/uploads/rezolyutsiya_rfi_2023.pdf (дата обращения: 10.01.2026).

2. Greenberger J. The Mars Mission Data from Curiosity Rover Measuring Radiation Exposure // Radiation Oncology and Radiation Biology: The Next 100 Years. — Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. — P. 123–138.

3. Ehresmann B. et al. Natural radiation shielding on Mars measured with the MSL/RAD instrument // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2021. — Vol. 126, Iss. 8. — e2021JE006851.

4. ГОСТ 25645.201-83. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полёте. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1984.

5. ГОСТ 25645.218-90. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полёте. Зависимость коэффициента качества космических излучений от линейной энергии. — М.: Изд-во стандартов, 1990.

6. РД 50-25645.216-90. Методические указания. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полёте. Метод расчёта распределения поглощённой и эквивалентной доз космических излучений по толщине материалов. — М., 1990.

7. Norgett M.J., Robinson M.T., Torrens I.M. A proposed method of calculating displacement dose rates // Nuclear Engineering and Design. — 1975. — Vol. 33, Iss. 1. — P. 50–54.

8. Усыченко А.С., Хахина А.М. Проблемы заселения Марса // Информационные технологии: прошлое, настоящее, будущее: сб. ст. — СПб.: СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2021. — С. 76–82.

9. Кузнецов В.Д. Вторичное излучение в планетных атмосферах // Астрономический вестник. — 2019. — Т. 53, № 6. — С. 502–515.

10. Дорофеева В.А. Радиоактивные элементы в планетных телах // Геохимия. — 2019. — № 7. — С. 643–658.

11. Митрофанов И.Г., Литвак М.Л., Санин А.Б., Семкова Я.В., Дачев Ц.П. Оценка нейтронной компоненты радиационного фона в кратере Гейла на Марсе // Астрономический вестник. — 2023. — Т. 57, № 3. — С. 199–208. DOI: 10.31857/S0320930X23030076.

12. Durante M., Cucinotta F.A. Physical basis of radiation protection in space travel // Reviews of Modern Physics. — 2011. — Vol. 83, Iss. 4. — P. 1245–1281.

13. Toto E. et al. Recent advances and challenges in polymer-based materials for space radiation shielding // Polymers. — 2024. — Vol. 16, Iss. 3. — Art. 382.

14. Сурков С.А., Захаров А.В. Перспективы применения гидрогенизированных материалов в космической радиационной защите // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. — 2021. — № 5(140). — С. 112–126.

15. Cai M. et al. Experimental and simulation study on shielding performance of developed hydrogenous composites // Space: Science & Technology. — 2022. — Art. 9754387.

16. Le Caër S. Water radiolysis: influence of oxide surfaces on H_2 production under ionizing radiation // Water. — 2011. — Vol. 3, Iss. 1. — P. 235–253.

17. Bobrovnitsky Yu.I. Взаимодействие частиц с веществом // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2021. — № 5(142).

18. Dronadula R., Benaroya H. Hybrid lunar inflatable structure // Acta Astronautica. — 2021. — Vol. 179. — P. 42–55.

19. Galimov E.M. et al. Geological structures of Mars as natural radiation shelters // Doklady Earth Sciences. — 2022. — Vol. 507, No. 1. — P. 98–103.

20. Feldman W.C. et al. Global distribution of near-surface hydrogen on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2004. — Vol. 109, Iss. E9.

21. Chatzisavvas N. et al. Monte Carlo computational software and methods in radiation dosimetry // Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC). — 2021. — Vol. 5, Iss. 3. — P. 36–51.

22. Yang W. et al. Advances in microbial induced carbonate precipitation (MICP) technology for extraterrestrial construction // SSRN Preprint. — 2023. — Art. 4574872.

23. Llamas H.J., Aplin K.L., Berthoud L. Effectiveness of Martian regolith as a radiation shield // Planetary and Space Science. — 2022. — Vol. 218. — Art. 105517.

24. Al Zaman M.A., Kunja L.A. Effectiveness of radiation shields constructed from Martian regolith and different polymers using MULASSIS/GEANT4 and OLTARIS // AIP Advances. — 2023. — Vol. 13, Iss. 8.

25. Павловский Я.К. Реголит-полимерные композиты для строительства на Марсе // Инженерный журнал. — 2021. — Т. 9, № 4. — С. 112–125.

Radiation resistance of structural materials for a Martian research base: analysis of interaction mechanisms and protection strategies

Florenskii V.M., Belov V.V.

Research Institute of Building Physics of RAACS, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

JEL classification: L61, L74, R53

The establishment of a long-term Martian research base requires solving a set of engineering problems, among which ensuring the radiation resistance of structural and protective materials is one of the most critical. Unlike existing reviews predominantly focused on describing the planetary radiation background itself, the present paper emphasises the mechanisms of interaction between ionizing radiation and building structure materials — regolith, hydrogen-containing polymers, aluminium framing, water- and ice-filled shields. The processes of radiolysis, radiation-induced degradation, induced radioactivity and accumulation of structural defects assessed through the DPA (displacements per atom) and NIEL (non-ionizing energy loss) parameters are considered. An algorithm for material selection accounting for their service life under the Martian radiation field is proposed, and a multi-layer protection architecture is substantiated. The results form a materials-science basis for developing regulatory requirements for the design of radiation-safe habitable structures on Mars.

Keywords: radiation resistance of materials, structural materials of the Martian base, radiation-induced degradation of polymers, induced radioactivity, hydrogenated composites, multi-layer radiation shielding, construction on Mars.

Referecnes

1. Resolution of the V International Scientific and Practical Conference "Russian Forum of Prospectors" (September 18-23, 2023) [Electronic resource] // Official website of the Association of SRO "Baltic Association of Designers". URL: https://srobop.ru/i/uploads/rezolyutsiya_rfi_2023.pdf (date of access: 01/10/2026).
2. Greenberger J. The Mars Mission Data from Curiosity Rover Measuring Radiation Exposure // Radiation Oncology and Radiation Biology: The Next 100 Years. — Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. — P. 123–138.
3. Ehresmann B. et al. Natural radiation shielding on Mars measured with the MSL/RAD instrument // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2021. — Vol. 126, Iss. 8. — e2021JE006851.
4. GOST 25645.201-83. Radiation safety of the spacecraft crew in space flight. Terms and definitions. Moscow: Publishing House of Standards, 1984.
5. GOST 25645.218-90. Radiation safety of the spacecraft crew in space flight. Dependence of the coefficient of cosmic radiation quality on linear energy. Moscow: Publishing House of Standards, 1990.
6. RD 50-25645.216-90. Methodological guidelines. Radiation safety of the spacecraft crew in space flight. A method for calculating the distribution of absorbed and equivalent doses of cosmic radiation over the thickness of materials. Moscow, 1990.
7. Norgett M.J., Robinson M.T., Torrens I.M. A proposed method of calculating displacement dose rates // Nuclear Engineering and Design. — 1975. — Vol. 33, Iss. 1. — P. 50-54.
8. Usychenko A.S., Khakhina A.M. Problems of Mars settlement // Information technologies: past, present, future: collection of art. — St. Petersburg: SPbGLTU named after S.M. Kirov, 2021. — pp. 76-82.
9. Kuznetsov V.D. Secondary radiation in planetary atmospheres // Astronomical Bulletin. 2019. Vol. 53, No. 6. pp. 502-515.
10. Dorofeeva V.A. Radioactive elements in planetary bodies // Geochemistry. 2019. No. 7. pp. 643-658.
11. Mitrofanov I.G., Litvak M.L., Sanin A.B., Semkova Ya.V., Dachev Ts.P. Assessment of the neutron component of the radiation background in Gale crater on Mars // Astronomical Bulletin. — 2023. — Vol. 57, No. 3. — pp. 199-208. DOI: 10.31857/S0320930X23030076.
12. Durante M., Cucinotta F.A. Physical basis of radiation protection in space travel // Reviews of Modern Physics. — 2011. — Vol. 83, Iss. 4. — P. 1245–1281.
13. Toto E. et al. Recent advances and challenges in polymer-based materials for space radiation shielding // Polymers. — 2024. — Vol. 16, Iss. 3. — Art. 382.
14. Surkov S.A., Zakharov A.V. Prospects for the use of hydrogenated materials in space radiation protection // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. Mechanical Engineering. — 2021. — № 5(140). — Pp. 112-126.
15. Cai M. et al. Experimental and simulation study on shielding performance of developed hydrogenous composites // Space: Science & Technology. — 2022. — Art. 9754387.
16. Le Caër S. Water radiolysis: influence of oxide surfaces on H_2 production under ionizing radiation // Water. — 2011. — Vol. 3, Iss. 1. — P. 235-253.
17. Bobrovnitsky Yu.I. Interaction of particles with matter // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. — 2021. — № 5(142).
18. Dronadula R., Benaroya H. Hybrid lunar inflatable structure // Acta Astronautica. — 2021. — Vol. 179. — P. 42–55.
19. Galimov E.M. et al. Geological structures of Mars as natural radiation shelters // Doklady Earth Sciences. — 2022. — Vol. 507, No. 1. — P. 98–103.
20. Feldman W.C. et al. Global distribution of near-surface hydrogen on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2004. — Vol. 109, Iss. E9.
21. Chatzisavvas N. et al. Monte Carlo computational software and methods in radiation dosimetry // Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC). — 2021. — Vol. 5, Iss. 3. — P. 36–51.
22. Yang W. et al. Advances in microbial induced carbonate precipitation (MICP) technology for extraterrestrial construction // SSRN Preprint. — 2023. — Art. 4574872.
23. Llamas H.J., Aplin K.L., Berthoud L. Effectiveness of Martian regolith as a radiation shield // Planetary and Space Science. — 2022. — Vol. 218. — Art. 105517.
24. Al Zaman M.A., Kunja L.A. Effectiveness of radiation shields constructed from Martian regolith and different polymers using MULASSIS/GEANT4 and OLTARIS // AIP Advances. — 2023. — Vol. 13, Iss. 8.
25. Pavlovsky Ya.K. Regolith-polymer composites for construction on Mars // Engineering Journal. — 2021. — Vol. 9, No. 4. — pp. 112-125.

Автоматизация трассировки инженерных коммуникаций на основе алгоритмов искусственного интеллекта в рамках ТИМ/BIM-среды

Фролова Анастасия Анатольевна
к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, privalova-a@mail.ru,

Валюх Андрей Борисович
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, valiukhandrei@yandex.ru,

Антонов Александр Ильич
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, antonovalexs.ru@mail.ru,

Коньков Владимир Александрович
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, vova.konckov2004@yandex.ru,

Хромов Павел Сергеевич
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Pavel-3khromov@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы автоматизации процессов трассировки инженерных коммуникаций с применением алгоритмов искусственного интеллекта в среде технологий информационного моделирования (ТИМ/BIM). Проведён анализ существующих подходов к проектированию систем MEP (механика, электрика, сантехника), выявлены ключевые ограничения традиционных ручных методов. Рассмотрены основные алгоритмические подходы – A*, генетические алгоритмы, методы машинного обучения с подкреплением, – применяемые для оптимизации пространственной трассировки. Описана архитектура интеграции интеллектуальных модулей в ТИМ-среду. Приведены результаты апробации автоматизированных систем, показавших ускорение процесса моделирования в 2–3 раза при одновременном снижении количества коллизий. Обосновывается необходимость разработки отечественных решений в условиях импортозамещения ПО в строительной отрасли.

Ключевые слова: BIM, ТИМ, трассировка коммуникаций, MEP, искусственный интеллект, машинное обучение, алгоритм A*, генетический алгоритм, оптимизация проектирования, информационное моделирование.

Введение

Современное строительство характеризуется нарастающей сложностью инженерных систем, объём которых в структуре стоимости объекта нередко достигает 40–60% от общей сметы [1]. Системы вентиляции, отопления, водоснабжения, канализации, электроснабжения и слаботочных сетей формируют разветвлённую пространственную сеть коммуникаций, требующую точной координации в трёхмерном пространстве здания. Традиционный подход к проектированию этих систем, основанный на ручном построении трасс в среде САПР, сопряжён с систематическими ошибками координации, высокими трудозатратами и значительным числом коллизий, выявляемых уже на стадии строительства.

Внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ, в международной терминологии – BIM, Building Information Modeling) открыло принципиально новые возможности для решения задачи координации инженерных систем. Единая цифровая модель здания, содержащая семантически насыщенные объекты, позволяет выявлять пространственные конфликты между системами ещё на стадии проектирования [2]. Тем не менее само построение трасс по-прежнему остаётся в значительной мере ручным процессом даже в ведущих ТИМ-платформах – Autodesk Revit, Renga, NanoCAD – и занимает от 30 до 50% общего времени проектирования раздела ОВиК или ЭОМ [3].

Активное развитие методов искусственного интеллекта (ИИ) – в особенности алгоритмов поиска пути, эволюционных вычислений и глубокого обучения с подкреплением – формирует научно-технологическую основу для качественного перехода от ручного к автоматизированному построению трасс инженерных коммуникаций. Данное направление является предметом активных исследований в международном научном сообществе [4] и приобретает особую актуальность в России в условиях реализации государственной политики импортозамещения в сфере программного обеспечения для строительства [5].

Цель настоящей статьи – систематизировать существующие подходы к автоматизации трассировки инженерных коммуникаций на основе алгоритмов ИИ, проанализировать их преимущества и ограничения, а также обосновать перспективные направления развития отечественных решений в рамках ТИМ-среды.

Обзор современных решений

Проектирование инженерных коммуникаций в рамках классического подхода предполагает последовательную работу специалистов различных дисциплин – технологов, инженеров-механиков, электриков – каждый из которых формирует собственный раздел модели независимо от смежников. Слабая координация между разделами порождает систематические пересечения трасс, ошибки в размещении оборудования и конфликты с несущими конструкциями, выявляемые нередко уже в процессе монтажа.

Согласно данным отраслевых исследований, до 30% строительных дефектов, связанных с инженерными системами, обусловлены ошибками на стадии проектирования трасс [6]. Каждая такая ошибка влечёт за собой как прямые затраты на переделку, так и косвенные – в виде задержки сроков и снижения качества смежных работ. Процесс проверки коллизий в ТИМ-среде позволяет идентифицировать конфликты, однако их устранение по-прежнему требует ручного перепроектирования трасс [7].

Дополнительным ограничением является высокая зависимость результата от квалификации конкретного проектировщика. Один и тот же маршрут может быть проложен принципиально по-разному в зависимости от опыта специалиста, что делает проектные решения слабо воспроизводимыми и затрудняет их стандартизацию. В крупных проектах, где одновременно прокладываются сотни трасс, оптимизация их взаимного расположения вручную становится практически невыполнимой задачей.

Классификация алгоритмических подходов к трассировке

Существующие подходы к автоматизации трассировки инженерных коммуникаций можно разделить на три основных класса: детерминированные алгоритмы поиска пути, эволюционные (метаэвристические) методы и методы машинного обучения. Основные характеристики каждого из подходов представлены в таблице 1. В основу положены результаты

сравнительного анализа алгоритмических подходов, описанных в работах российских и зарубежных авторов: исследования в области трассировки МЕР-систем на основе гибридных алгоритмов, разработки детерминированных методов поиска пути применительно к инженерным сетям, концепций интеллектуального цифрового двойника здания, а также данных практической апробации систем автоматизированной трассировки на основе машинного обучения с подкреплением.

Таблица 1
Сравнительная характеристика алгоритмических подходов к автоматизации трассировки инженерных коммуникаций.

Подход	Алгоритм	Гарантия оптимума	Прим. к сложным конф-ям	Вычислительные затраты	Типовая область применения
Детерминированный поиск пути	A*, Dijkstra	Да (при корректной эвристике)	Ограничена	Низкие–средние	Простые трассы, стандартные помещения
Эволюционные методы	Генетический алгоритм, PSO	Нет (мета эвристика)	Высокая	Высокие	Многокритериальная оптимизация
Машинное обучение	RL, нейронные сети	Нет	Очень высокая	Высокие (обучение) / низкие (инференс)	Нестандартные объекты, адаптивные системы
Гибридный подход	A* + ГА	Нет	Высокая	Средние	Крупные многодисциплинарные проекты

Источник: составлено автором по результатам систематизации научной литературы [4, 8, 9, 10].

Детерминированные алгоритмы поиска пути. Наиболее широко применяемым среди детерминированных методов является алгоритм A* (A-star), сохраняющий актуальность для задач трассировки благодаря гарантированному нахождению оптимального пути при корректно заданной эвристической функции. В контексте МЕР-проектирования алгоритм A* работает на дискретизированном трёхмерном пространстве модели здания, где каждый узел графа соответствует сегменту потенциальной трассы, а эвристика может включать не только геометрическое расстояние, но и уклоны, допустимые углы поворота, минимальные расстояния от конструкций и другие технические ограничения [8]. Исследования показывают, что вычислительная сложность алгоритма резко возрастает при увеличении размерности задачи – в плотно насыщенных коммуникациями пространствах техэтажей или машинных комнат.

Эволюционные и метаэвристические методы. Генетические алгоритмы (ГА) представляют собой метаэвристический подход, моделирующий механизмы биологической эволюции: отбор, скрещивание и мутацию наборов возможных трасс. В задаче прокладки коммуникаций каждая особь популяции кодирует конкретный маршрут трубопровода или кабельного лотка, а функция приспособленности включает многокритериальную целевую функцию – минимизацию длины трассы, числа поворотов, нарушений технических норм и расхода материала [9]. Применение гибридных методов, сочетающих A* для локальной оптимизации с ГА для глобального поиска, демонстрирует значительно более высокие результаты по сравнению с каждым из подходов в отдельности.

Машинное обучение с подкреплением. Наиболее перспективным направлением в последние годы стало применение обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) для задач трассировки. В данном подходе агент-алгоритм взаимодействует со средой (цифровой моделью здания), получая положительное подкрепление за технически корректные решения и штраф – за нарушения норм, коллизии и избыточный расход материала [10]. В отличие от детерминированных методов, RL-агент способен самостоятельно вырабатывать стратегии прокладки трасс в ситуациях, не встречавшихся в обучающей выборке, что делает его особенно ценным для нестандартных объектов.

Архитектура интеграции ИИ-модулей в ТИМ-среду

Реализация автоматизированной трассировки в рамках ТИМ-среды требует решения ряда архитектурных задач, связанных с интеграцией интеллектуальных модулей в существующие платформы информационного моделирования. На рисунке 1 представлена обобщённая схема взаимодействия компонентов системы.

Базовый слой – информационная модель. ТИМ-модель здания служит единым источником пространственных и атрибутивных данных для алгоритмов трассировки. Из модели извлекаются геометрия несущих конструкций, расположение архитектурных элементов, зоны технических ограничений, точки подключения оборудования и нормативные зазоры между системами [11]. Качество и полнота наполнения модели на данном этапе непосредственно определяют точность построенных трасс.

Слой предобработки – формирование навигационного графа. Трёхмерное пространство модели дискретизируется в граф, узлы которого соответствуют допустимым положениям сегментов коммуникаций, а рёбра – разрешённым переходам между ними с учётом технических ограничений. Данный этап является вычислительно ёмким и критически важным для последующей эффективности алгоритмов поиска.

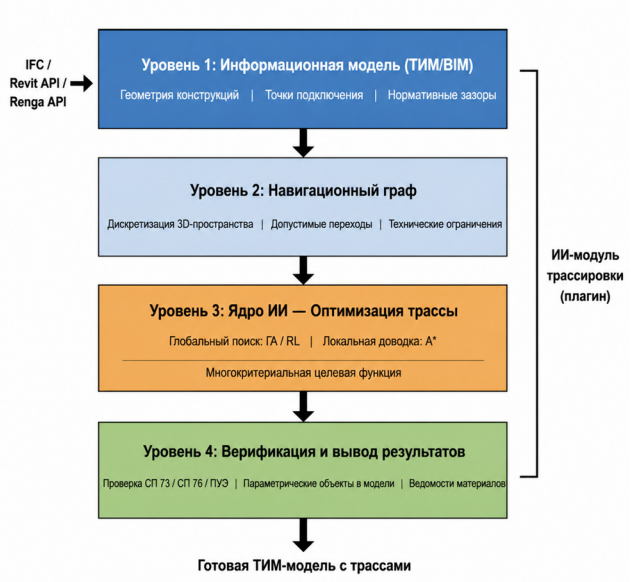


Рисунок 1 – Архитектура интеграции ИИ-модуля автоматизированной трассировки в ТИМ/BIM-среду: уровни информационной модели, навигационного графа, ядра оптимизации и верификации результатов.

Слой оптимизации – ядро ИИ. На этом уровне работают алгоритмы поиска оптимальной трассы. Современные системы, как правило, применяют многоуровневую стратегию: глобальный поиск маршрута (ГА или RL) с последующей локальной доработкой (A*), что обеспечивает разумный баланс между качеством решения и вычислительными затратами.

Слой верификации и вывода результатов. Построенные трассы автоматически проверяются на соответствие нормативным требованиям (СП 73, СП 76, ПУЭ и другим), после чего интегрируются в ТИМ-модель в виде параметрических объектов с полным набором атрибутов – диаметров, материалов, рабочих давлений и температур. Автоматически формируется исполнительная документация и ведомости материалов, что значительно ускоряет выпуск проектной документации.

Интеграционный интерфейс. Взаимодействие интеллектуального модуля с ТИМ-платформой осуществляется через открытые API – Revit API, Renga API, IFC-стандарт – либо посредством плагинов, разрабатываемых в экосистеме конкретной платформы.

Классификация алгоритмических подходов к трассировке

Существующие подходы к автоматизации трассировки инженерных коммуникаций можно разделить на три основных класса: детерминированные алгоритмы поиска пути, эволюционные (метаэвристические) методы и методы машинного обучения. Основные характеристики каждого из подходов представлены в таблице 1.

Таблица 1
Сравнительная характеристика алгоритмических подходов к автоматизации трассировки инженерных коммуникаций

Подход	Алгоритм	Гарантия оптимума	Прим. к сложным конф-ям	Вычислительные затраты	Типовая область применения
Детерминированный поиск пути	A*, Dijkstra	Да (при корректной эвристике)	Ограничена	Низкие–средние	Простые трассы, стандартные помещения
Эволюционные методы	Генетический алгоритм, PSO	Нет (мета эвристика)	Высокая	Высокие	Многокритериальная оптимизация
Машинное обучение	RL, нейронные сети	Нет	Очень высокая	Высокие (обучение) / низкие (инференс)	Нестандартные объекты, адаптивные системы
Гибридный подход	A* + ГА	Нет	Высокая	Средние	Крупные многодисциплинарные проекты

Источник: составлено автором на основе данных о выращивании культур защищённого грунта [6, 10, 14, 15].

Многокритериальная оптимизация при трассировке

Задача оптимальной прокладки инженерных коммуникаций является по своей природе многокритериальной. В зависимости от типа объекта и приоритетов заказчика в целевую функцию оптимизации включаются суммарная длина трассы, число поворотов (изгибов), стоимость материала и штрафные составляющие за коллизии, весовые коэффициенты которых задаются проектировщиком индивидуально для каждого проекта. Каждая из составляющих вносит различный вклад в итоговое техническое и экономическое качество решения, поэтому выбор весовых коэффициентов представляет самостоятельную инженерную задачу.

Минимизация числа поворотов особенно критична для систем с жидкостными и газообразными рабочими средами, поскольку каждый дополнительный поворот увеличивает гидравлическое сопротивление и приводит к необходимости повышения мощности насосного оборудования. Исследования показывают, что оптимизация трасс с учётом гидравлического сопротивления позволяет снизить энергопотребление насосных установок на 8–15% по сравнению с трассировкой, ориентированной только на минимизацию длины [12].

Отечественный контекст: импортозамещение и ТИМ

Реализация Постановления Правительства РФ № 1431 от 2022 года и последующих нормативных актов обязала организации с государственным участием перейти на отечественные ТИМ-решения к 2025–2026 годам. В условиях ухода с российского рынка ведущих западных разработчиков – Autodesk, Bentley Systems, Graphisoft – перед отечественными платформами (Renga, nanoCAD, Model Studio CS, САПР КРЕДО) стоит задача не только функционального паритета, но и реализации инновационных возможностей, в том числе интеллектуальной трассировки.

Несмотря на существенный прогресс в развитии отечественных ТИМ-платформ, функциональность встроенных инструментов автоматической трассировки в них пока значительно уступает возможностям зарубежных аналогов (Autodesk Fabrication, MagiCAD, Trimble MEP). Данный разрыв создаёт актуальный запрос на проведение прикладных исследований в области разработки ИИ-модулей трассировки, адаптированных к архитектуре отечественных платформ и требованиям российской нормативной базы.

Интеграция геопространственных данных о существующих инженерных коммуникациях в ТИМ-среду представляет собой отдельную научно-практическую задачу, особенно актуальную при проектировании в условиях плотной городской застройки. Разработка алгоритмов, способных автоматически учитывать данные топографических съёмок и планов подземных коммуникаций при трассировке новых систем, открывает значительные перспективы для повышения качества проектирования объектов реконструкции и капитального ремонта.

Апробация и результаты внедрения

Анализ практических результатов внедрения систем автоматизированной трассировки позволяет сделать ряд обоснованных выводов об эффективности применяемых подходов. Платформа Augmenta Construction Platform, реализующая ИИ-ассистента для электрических систем, обеспечивает автоматическую трассировку кабельных лотков и кабелей в ТИМ-среде с учётом норм размещения и координации с другими системами; по данным разработчика, применение платформы сокращает трудозатраты на проектирование электроснабжения на 70% при сохранении качества технических решений.

Исследование, представленное на конференции ISARC 2025, демонстрирует эффективность гибридного подхода A* + ГА для многокритериальной оптимизации МЕР-трасс с учётом стоимости материала, числа изгибов и строительной выполнимости. Авторы указывают, что интеграция VR/AR-симуляций в процесс верификации позволяет дополнительно выявить практические проблемы монтажа, не обнаруживаемые при стандартной проверке коллизий.

Цифровые двойники инженерных систем зданий, разрабатываемые на основе ТИМ-моделей, открывают перспективу не только для проектирования, но и для эксплуатации объектов. Интеллектуальный цифровой двойник, интегрирующий данные датчиков IoT с ТИМ-моделью, способен в режиме реального времени идентифицировать отклонения параметров инженерных систем от проектных значений и предиктивно выявлять потенциальные аварийные ситуации.

Направления дальнейших исследований

На основе проведённого анализа можно сформулировать ключевые направления дальнейших научных и прикладных исследований в данной области.

Во-первых, разработка отечественных ИИ-модулей трассировки, интегрированных с российскими ТИМ-платформами через открытые API, с учётом требований отечественной нормативной базы (СП, ГОСТ, ПУЭ). Данное направление имеет как научную значимость, так и практическую востребованность в условиях импортозамещения.

Во-вторых, развитие методов многодисциплинарной координации трасс – одновременная оптимизация трасс нескольких инженерных систем (ОВиК, ВК, ЭОМ, СС) с учётом их взаимных пространственных ограничений и технологических приоритетов монтажа. Существующие системы, как правило, оптимизируют трассировку каждой системы независимо, не учитывая взаимовлияний.

В-третьих, интеграция данных топографических съёмок и ГИС в алгоритмы трассировки для автоматического учёта существующих подземных коммуникаций и градостроительных ограничений.

В-четвёртых, применение трансформерных архитектур и больших языковых моделей для семантической интерпретации проектных заданий и автоматического формирования исходных данных для трассировки – перевод требований технического задания в формализованные ограничения для алгоритмов оптимизации.

Заключение

Автоматизация трассировки инженерных коммуникаций на основе алгоритмов искусственного интеллекта в рамках ТИМ/BIM-среды представляет собой активно развивающееся научно-практическое направление, обладающее значительным потенциалом для повышения эффективности строительного проектирования. Детерминированные алгоритмы поиска пути (A*), эволюционные методы (генетические алгоритмы) и обучение с подкреплением образуют взаимодополняющий инструментарий, применение которого позволяет сократить трудозатраты на проектирование инженерных разделов в 2–3 раза при одновременном снижении числа коллизий и повышении технического качества решений.

Для России задача разработки отечественных интеллектуальных модулей трассировки приобретает особую стратегическую значимость в условиях перехода строительной отрасли на национальные ТИМ-платформы. Объединение усилий академического сообщества, разработчиков программного обеспечения и строительных организаций в данном направлении позволит обеспечить технологический суверенитет отрасли и выход отечественных решений на международный уровень конкурентоспособности.

Литература

1. Автоматизация процессов проектирования и монтажа инженерных систем на строительных объектах // Apni.ru : [сайт]. — 2024. — URL: https://apni.ru/article/10304 (дата обращения: 15.05.2026).
2. Эйтерник Ю., Малев Н. А. Применение BIM-технологий в проектировании разделов автоматизации // Передовые технологии и инновации в образовании и науке : сборник статей VIII Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения — 2025», Минск, 2025 г. — Минск : БГТУ, 2025. — С. 393–397.
3. MagiCAD. Использование искусственного интеллекта для проектирования инженерных систем // MagiCAD : [сайт]. — 2024. — URL: https://www.magicad.com (дата обращения: 15.05.2026).
4. Zhang J., Lee C., Kim H. et al. Development of Auto Route System for MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) Pipe Design in Construction // Proceedings of the 42nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2025), Montreal, 2025. — Montreal, 2025. — P. 1340–1346.
5. BIM-технологии (рынок России) // TAdviser : [сайт]. — 2026. — URL: https://www.tadviser.ru (дата обращения: 15.05.2026).
6. Интеграция геопространственных данных инженерных систем и BIM-платформ // Молодой учёный : [сайт]. — 2026. — № 613. — URL: https://moluch.ru/archive/613/134099 (дата обращения: 15.05.2026).
7. Цифровой двойник инженерных систем общественного здания // КиберЛенинка : [сайт]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-inzhenernyh-sistem-obschestvennogo-zdaniya (дата обращения: 15.05.2026).
8. Разработка алгоритмов трассировки инженерных сетей // Вестник Тамбовского государственного технического университета : [сайт]. — URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_18/pdf/18_3_010.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
9. Интеллектуальный цифровой двойник инженерных систем здания // КиберЛенинка : [сайт]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnyy-tsifrovoy-dvoynik-inzhenernyh-sistem-zdaniya (дата обращения: 15.05.2026).
10. ENECA Group. AI-Powered Design Solutions for MEP, HVAC: Engineering Network Routing Automation // ENECA Group : [сайт]. — 2025. — URL: https://enecagroup.com/news/bim/ai-powered-design-solutions/ (дата обращения: 15.05.2026).

11. Ильина Т. Н., Саввин Н. Ю., Аверкова О. А. и др. Цифровой двойник инженерных систем общественного здания // Вестник Евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № 6. — URL: https://esj.today/63savn624.html (дата обращения: 15.05.2026).

12. Hitech CADD Services. Boost MEP BIM Model Accuracy with Machine Learning // Hitech CADD Services : [сайт]. — 2024. — URL: https://www.hitechcaddservices.com/resources/mep-bim-models-with-machine-learning/ (дата обращения: 15.05.2026).

Automation of Engineering Utility Routing Based on Artificial Intelligence Algorithms within a TIM/BIM Environment

Frolova A.A., Valyukh A.B., Antonov A.I., Konkov V.A., Khromov P.S.
National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines current issues in the automation of engineering utility routing using artificial intelligence algorithms in the environment of information modeling technologies (TIM/BIM). Existing approaches to the design of MEP systems (mechanical, electrical, and plumbing) are analyzed, and the key limitations of traditional manual methods are identified. The main algorithmic approaches–A*, genetic algorithms, and reinforcement learning methods–used to optimize spatial routing are considered. The architecture of integrating intelligent modules into the TIM environment is described. The results of testing automated systems are presented, showing that the modeling process was accelerated by 2–3 times while the number of clashes was reduced. The paper substantiates the need to develop domestic software solutions under the conditions of import substitution in the construction industry.

Keywords: BIM, TIM, utility routing, MEP, artificial intelligence, machine learning, A* algorithm, genetic algorithm, design optimization, information modeling.

References

1. Automation of the Design and Installation Processes of Engineering Systems at Construction Sites // Apni.ru : [website]. — 2024. — URL: https://apni.ru/article/10304 (accessed: 15.05.2026).
2. Eiternik Yu., Malev N. A. Application of BIM Technologies in the Design of Automation Sections // Advanced Technologies and Innovations in Education and Science : collection of papers of the VIII International Scientific and Technical Conference “Minsk Scientific Readings — 2025”, Minsk, 2025. — Minsk : BSTU, 2025. — P. 393–397.
3. MagiCAD. Using Artificial Intelligence for the Design of Engineering Systems // MagiCAD : [website]. — 2024. — URL: https://www.magicad.com (accessed: 15.05.2026).
4. Zhang J., Lee C., Kim H. et al. Development of Auto Route System for MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) Pipe Design in Construction // Proceedings of the 42nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2025), Montreal, 2025. — Montreal, 2025. — P. 1340–1346.
5. BIM Technologies (Russian Market) // TAdviser : [website]. — 2026. — URL: https://www.tadviser.ru (accessed: 15.05.2026).
6. Integration of Geospatial Data of Engineering Systems and BIM Platforms // Young Scientist : [website]. — 2026. — No. 613. — URL: https://moluch.ru/archive/613/134099 (accessed: 15.05.2026).
7. Digital Twin of Engineering Systems of a Public Building // CyberLeninka : [website]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-inzhenernyh-sistem-obschestvennogo-zdaniya (accessed: 15.05.2026).
8. Development of Algorithms for Routing Engineering Networks // Bulletin of Tambov State Technical University : [website]. — URL: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_18/pdf/18_3_010.pdf (accessed: 15.05.2026).
9. Intelligent Digital Twin of Building Engineering Systems // CyberLeninka : [website]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnyy-tsifrovoy-dvoynik-inzhenernyh-sistem-zdaniya (accessed: 15.05.2026).
10. ENECA Group. AI-Powered Design Solutions for MEP, HVAC: Engineering Network Routing Automation // ENECA Group : [website]. — 2025. — URL: https://enecagroup.com/news/bim/ai-powered-design-solutions/ (accessed: 15.05.2026).
11. Ilyina T. N., Savvin N. Yu., Averkova O. A. et al. Digital Twin of Engineering Systems of a Public Building // Bulletin of Eurasian Science. — 2024. — Vol. 16, No. 6. — URL: https://esj.today/63savn624.html (accessed: 15.05.2026).
12. Hitech CADD Services. Boost MEP BIM Model Accuracy with Machine Learning // Hitech CADD Services : [website]. — 2024. — URL: https://www.hitechcaddservices.com/resources/mep-bim-models-with-machine-learning/ (accessed: 15.05.2026)

Потенциал оранжерейных объектов в формировании круглогодичных общественных пространств городов Сибири

Цыбульский Иннокентий Дмитриевич
аспирант, кафедра архитектуры, Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, kentiy97@gmail.com

В статье рассматривается потенциал оранжерейных объектов в формировании круглогодичных общественных пространств в городах Сибири. Особое внимание уделяется климатической специфике сибирских городов, где продолжительный холодный период, сезонная ограниченность использования открытых рекреационных территорий и дефицит комфортных общественных пространств актуализируют поиск новых архитектурно-градостроительных решений. Оранжерейные объекты рассматриваются как особый тип общественных пространств, способных объединять рекреационные, экологические, культурные и социальные функции в условиях контролируемой внутренней среды. Анализируются архитектурно-планировочные особенности таких объектов, их роль в структуре городской среды, а также возможности включения в систему общественных пространств сибирских городов. Делается вывод о значимости оранжерейных объектов как инструмента повышения качества городской среды и формирования всесезонной общественной инфраструктуры.

Ключевые слова: оранжерейный объект, общественное пространство, города Сибири, круглогодичная рекреация, архитектурная среда, городская инфраструктура, устойчивое развитие.

Введение

Сибирские города складывались в условиях, которые прямо влияют на то, как люди пользуются открытыми пространствами. Долгая зима, морозы, ветер и резкие сезонные перепады делают длительное пребывание на улице некомфортным или невозможным. Парки, скверы и набережные работают неравномерно, а зимой заметно пустеют.

Это ставит перед архитекторами конкретный вопрос: как сохранить общественную жизнь в городе в течение всего года. Оранжереи — один из вариантов ответа. Их можно использовать не только для выращивания растений, но и как крытые многофункциональные пространства, которые работают независимо от климата. Потенциал оранжерей заключается в создании контролируемого внутреннего пространства, где природный компонент сохраняет свое значение независимо от сезона.

Актуальность исследования определяется необходимостью развития новых типов общественных пространств в сибирских городах, где климатические ограничения требуют более внимательного отношения к архитектурной организации рекреационной инфраструктуры. В отечественной архитектурной практике тема оранжерейных объектов чаще рассматривается в контексте ботанических садов, выставочных комплексов или экологического проектирования. Вместе с тем их значение как инструмента формирования круглогодичных общественных пространств в условиях Сибири раскрыто недостаточно полно.

Целью настоящей статьи является выявление потенциала оранжерейных объектов в формировании круглогодичных общественных пространств городов Сибири, а также определение архитектурно-градостроительных условий их эффективной интеграции в городскую среду.

Для достижения поставленной цели в рамках исследования решаются следующие задачи:

- определить особенности функционирования общественных пространств в климатических условиях Сибири;
- рассмотреть оранжерейные объекты как тип всесезонного общественного пространства;
- выявить архитектурно-планировочные принципы формирования оранжерейных объектов в сибирских городах;
- обозначить их роль в системе городской рекреационной и общественной инфраструктуры.

1. Климатическая специфика городов Сибири и проблема сезонности общественных пространств

Городская среда Сибири формируется под воздействием выраженных климатических факторов, которые во многом определяют характер архитектурных и градостроительных решений. Низкие зимние температуры, значительная продолжительность отопительного сезона, снежный покров и резкие сезонные контрасты влияют не только на эксплуатационные характеристики зданий, но и на повседневные сценарии использования общественных пространств.

Открытые городские пространства в таких условиях функционируют неравномерно. В теплый период года они могут активно использоваться для прогулок, отдыха, культурных мероприятий и повседневной коммуникации, однако в холодный сезон их возможности значительно сокращаются. Это приводит к сезонной фрагментации городской жизни, при которой значительная часть общественной активности перемещается в торговые центры, транспортные узлы и закрытые коммерческие пространства.

Подобная ситуация актуализирует необходимость формирования общественных объектов, способных сохранять рекреационную и коммуникативную функцию вне зависимости от времени года. В городах Сибири такие пространства должны не только обеспечивать защиту от неблагоприятных климатических воздействий, но и компенсировать дефицит природного компонента в городской среде в зимний период.

Оранжерейные объекты в этом отношении обладают особым потенциалом. В отличие от обычных крытых объектов, оранжереи соединяют архитектуру с живыми растениями, естественным светом и местом для отдыха. Это делает их альтернативой торговым и деловым интерьерам, которые нередко не создают ни реального комфорта, ни городской атмосферы.

Для сибирских городов важна не только внутренняя среда, но и место объекта в городской ткани. Оранжерея, стоящая в стороне от всего, работает хуже, чем та, через которую горожане проходят каждый день по пути в парк, к транспорту или в культурный центр. Сибирский климат

усиливает это требование: объект, встроенный в повседневные маршруты, реально снимает сезонную изоляцию, тогда как изолированный просто добавляет еще одну точку на карте. Развитие оранжерей может способствовать формированию более устойчивой и непрерывной системы общественных пространств, сохраняющей активность в течение всего года.

2. Оранжерейный объект как тип круглогодичного общественного пространства

Оранжерейный объект в условиях современного города может рассматриваться как специфический тип общественного пространства, сочетающий природный компонент, рекреационную функцию и архитектурную защиту от внешней среды. В отличие от классических ботанических оранжерей, ориентированных преимущественно на выращивание и демонстрацию растений, современный оранжерейный объект способен выполнять более широкий круг задач, связанных с городской повседневностью.

Основой такого объекта является внутренняя среда с регулируемыми параметрами микроклимата. За счет светопрозрачных ограждающих конструкций, контролируемого температурного режима и организации растительных экспозиций формируется пространство, пригодное для пребывания посетителей в течение всего года. В городах Сибири данное качество приобретает особую значимость, поскольку позволяет обеспечить доступ к рекреационной среде в период, когда открытые зеленые пространства используются ограниченно.

Функциональная структура оранжерейного объекта может включать несколько взаимосвязанных зон. К ним относятся экспозиционные пространства с растениями, прогулочные маршруты, места кратковременного отдыха, образовательные площадки, небольшие выставочные зоны, пространства для лекций и городских мероприятий. Такая организация позволяет избежать узкой специализации объекта и сформировать многофункциональную среду, рассчитанную на различные группы пользователей.

Важной особенностью оранжерейных объектов является их способность создавать особое эмоциональное и визуальное качество городской среды. Наличие живых растений, естественного освещения и пространственной открытости формирует иной тип пребывания, отличающийся от закрытых торговых и административных интерьеров. Для северных и сибирских городов это имеет дополнительное значение, поскольку в зимний период горожане испытывают дефицит контакта с природной средой и естественным визуальным разнообразием.

Архитектурно-планировочная организация таких объектов должна учитывать не только внутренние функциональные процессы, но и характер их включения в городскую ткань. Оранжерейный объект может размещаться в структуре парка, на территории культурного комплекса, в составе общественного центра или в зоне реконструкции городской территории. В каждом случае его значение определяется не только архитектурной выразительностью, но и способностью формировать устойчивые общественные связи.

В отличие от сезонных объектов благоустройства, оранжерейные пространства обладают более стабильным режимом использования. Оранжереи открыты круглый год и не зависят от погоды. Для Сибири это имеет особый вес: долгий холодный сезон фактически отрезает жителей от открытых пространств, и крытый объект с природной средой внутри становится реальной альтернативой.

Оранжерея может совмещать рекреацию, экологическую функцию и место для общения. Ее ценность определяется не только растениями, а тем, насколько она встроена в повседневную жизнь: только тогда она работает как устойчивое общественное пространство.

3. Архитектурно-планировочные принципы формирования оранжерейных объектов в городах Сибири

Проектирование оранжерей в сибирских городах требует одновременного учета климата, функционального назначения и места объекта в городской структуре. В отличие от аналогичных объектов в более мягком климате, сибирские оранжереи должны решать не только экспозиционные и рекреационные задачи, но и выполнять функцию защищенного общественного пространства, способного поддерживать комфортную среду в течение продолжительного холодного периода.

Одним из важных принципов является компактность объемно-пространственного решения. В условиях сурового климата чрезмерно рассредоточенная структура может усложнять эксплуатацию объекта и снижать эффективность поддержания внутреннего микроклимата. Поэтому предпочтение может отдаваться цельным объемам, в которых основные общественные и экспозиционные зоны объединены в единую пространственную систему.

Значимым фактором выступает организация светопрозрачных поверхностей. Они должны обеспечивать достаточный уровень естественного освещения и визуальную связь с окружающей средой, но при этом учитывать теплотехнические требования и особенности эксплуатации в зимний период. Архитектурный образ оранжерейного объекта в данном случае формируется на пересечении выразительности стеклянного объема и необходимости рационального использования энергетических ресурсов.

Планировочная структура оранжерейного объекта может строиться на основе последовательного маршрута движения посетителей. Такой прием позволяет организовать постепенное раскрытие внутреннего пространства, чередование зон различной насыщенности и формирование сценария пребывания. Для Сибири это особенно уместно - такой объект частично берет на себя функции прогулочного пространства, которое зимой просто недоступно.

Оранжерея не должна ограничиваться демонстрацией растений. Лекции, временные выставки, мероприятия, детские программы расширяют аудиторию и дают людям причины возвращаться регулярно.

Связь с улицей также необходима. Даже в холодном климате оранжерея не может существовать в отрыве от города. Летом она должна раскрываться в сторону парка, площади или пешеходного маршрута.

В зимний период его входные группы, вестибюли и переходные зоны должны обеспечивать удобную связь с городской инфраструктурой.

В градостроительном отношении оранжерейные объекты могут выполнять роль общественных узлов. Их целесообразно размещать в местах пересечения пешеходных направлений, вблизи парков, культурных учреждений, образовательных объектов и транспортно-доступных территорий. В этом случае они приобретают значение не только рекреационных зданий, но и элементов городской структуры, способных поддерживать активность территории на протяжении всего года.

Таким образом, архитектурно-планировочные принципы формирования оранжерейных объектов в городах Сибири должны основываться на сочетании климатической адаптации, функциональной гибкости и градостроительной включенности. Только при таком подходе оранжерейный объект способен стать полноценным круглогодичным общественным пространством, а не специализированным сооружением ограниченного использования.

4. Потенциал оранжерейных объектов в развитии общественной инфраструктуры сибирских городов

Рассмотрение оранжерейных объектов в структуре сибирских городов позволяет выявить их значительный потенциал в развитии общественной инфраструктуры. В отличие от традиционных рекреационных пространств, зависящих от сезонных условий, оранжерейные объекты обеспечивают возможность постоянного использования и могут выступать как элементы городской среды с устойчивым режимом функционирования.

Один из очевидных сценариев - круглогодичный рекреационный центр, дополняющий существующие парки. Зимой, когда открытые территории пустеют, оранжерея остается доступным пространством с живой природой.

Образовательное направление также перспективно. Оранжерейные объекты подходят для экологических лекций, экскурсий, занятий со школьниками и студентами. В Сибири, где вопросы озеленения и адаптации к климату стоят особенно остро, это может сыграть реальную роль в формировании экологической культуры.

Культурный потенциал связан с возможностью проведения выставок, небольших концертов и временных городских событий. Особенность таких пространств состоит в том, что природное окружение становится частью художественной и общественной среды. Это позволяет формировать более разнообразные сценарии использования объекта и повышать его значение в культурной жизни города.

Социальное значение оранжерейных объектов проявляется в их доступности для различных групп населения. В отличие от коммерческих интерьеров, где общественная функция часто подчинена потреблению, оранжерейное пространство может быть ориентировано на свободное пребывание, прогулку, отдых и коммуникацию. В этом отношении оно способно выполнять роль нейтрального городского пространства, открытого для разных возрастных и социальных групп.

Градостроительный потенциал оранжерейных объектов связан с их способностью активизировать прилегающие территории. Размещение такого объекта в структуре парка, набережной, культурного кластера или реконструируемой городской зоны может повысить интенсивность использования пространства и сформировать новые маршруты движения.

В условиях Сибири это особенно важно, поскольку общественная активность в зимний период нуждается в дополнительных пространственных опорах.

Оранжерейные объекты также могут способствовать развитию локальной идентичности города. В условиях климатической специфики Сибири создание круглогодичного пространства с выраженным природным компонентом может стать узнаваемым архитектурным и общественным элементом городской среды. При этом важно, чтобы архитектурное решение не копировало универсальные модели, а учитывало местный климат, масштаб города, характер застройки и потребности населения.

Таким образом, потенциал оранжерейных объектов в развитии общественной инфраструктуры сибирских городов проявляется в их способности объединять рекреационные, образовательные, культурные и градостроительные функции. Их внедрение может способствовать формированию более устойчивой, разнообразной и круглогодично функционирующей городской среды.

5. Оранжерейные объекты как инструмент повышения качества городской среды

Качество городской среды определяется не только уровнем благоустройства открытых территорий, но и наличием пространств, способных поддерживать общественную активность в различных климатических условиях. Для городов Сибири этот фактор имеет особое значение, поскольку значительная часть года характеризуется ограниченными возможностями пребывания на открытом воздухе. В связи с этим оранжерейные объекты могут рассматриваться как один из инструментов повышения качества городской среды.

Архитектурная ценность таких объектов заключается в способности создавать промежуточную среду между зданием и открытым городским пространством. Оранжерея не является полностью закрытым интерьером в традиционном понимании, так как ее пространственная организация строится на взаимодействии света, растительности, воздуха и движения посетителей. Вместе с тем она обеспечивает защиту от неблагоприятных климатических условий, что делает ее особенно значимой для северных и сибирских территорий.

Оранжерейные объекты могут способствовать снижению сезонной монотонности городской среды. В зимний период, когда открытые пространства теряют часть визуального и функционального разнообразия, наличие зеленого внутреннего пространства формирует иной уровень восприятия города. Это влияет не только на рекреационные возможности, но и на общее эмоциональное качество городской жизни.

Важным условием эффективности оранжерейного объекта является его доступность. Если подобное пространство оказывается удаленным от повседневных маршрутов горожан или функционирует только как специализированный объект, его общественный потенциал снижается. Напротив, включение в систему городских связей, размещение вблизи транспортных остановок, парков, образовательных и культурных учреждений позволяет сделать оранжерею частью повседневной городской инфраструктуры.

Оранжереи могут дать новое содержание территориям, которые в нем нуждаются: бывшим промышленным зонам, крупным жилым кварталам, общественным центрам без четкой функции. При этом объект должен соответствовать масштабу окружающей застройки и не превращаться в изолированную доминанту.

Долгосрочная устойчивость оранжереи зависит не только от энергопотребления и микроклимата. Важнее другое: способен ли объект меняться вместе с потребностями жителей и сезонами? Пространство с жестко закрепленной функцией быстро устаревает.

Именно поэтому оранжереи стоит рассматривать как гибкие архитектурные системы. Их развитие в сибирских городах может стать одним из способов создать среду, которая остается активной и привлекательной весь год.

Заключение

В ходе исследования рассмотрена роль оранжерейных объектов в организации круглогодичных общественных пространств сибирских городов. Климат существенно ограничивает использование открытых территорий и формирует конкретный запрос на объекты, которые защищают человека от погоды, создают возможность для отдыха и поддерживают связь с природной средой в течение всего года.

Новизна исследования состоит в рассмотрении оранжереи не как специализированного ботанического или выставочного сооружения, а как самостоятельного типа общественного пространства с архитектурным и градостроительным потенциалом для Сибири. Отдельно рассмотрена ее роль в преодолении сезонной фрагментации городской среды и создании устойчивой инфраструктуры для городской жизни.

Анализ показал, что оранжерейные объекты способны выполнять несколько взаимосвязанных функций. Они обеспечивают доступ к природному компоненту в холодный период года, поддерживают рекреационные и культурные сценарии использования, формируют общественные узлы и способствуют повышению пространственной связности городской среды. Их значение возрастает при включении в систему парков, пешеходных маршрутов, культурных центров и территорий комплексного развития.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности их использования при разработке архитектурных и градостроительных решений для сибирских городов. Полученные выводы могут применяться при проектировании круглогодичных общественных пространств, реконструкции парков, формировании общественных центров и разработке концепций климатически адаптированной городской среды.

Рассмотрение оранжерейных объектов в качестве элементов городской общественной инфраструктуры позволяет определить их как перспективный инструмент повышения качества городской среды в условиях Сибири. Их архитектурная организация способна объединять природные, рекреационные, культурные и социальные функции, формируя пространства, востребованные не только в теплый сезон, но и в течение всего года.

Литература

1. Веселова С.С. Искусство озеленения интерьеров и создания зимних садов от Древней Руси до эпохи модерна. – М.: Фитон+, 2012. – С. 10–85.

2. Зимирева Е.С. Внедрение природного компонента в структуру общественного здания (на примере крытых ботанических садов, оранжерей, атриумов, рекреационных пространств) // Архитектурные концепции и экспериментальные проекты: мифы и реальность. – Екатеринбург, 2013. – С. 52–53.

3. Ильвицкая С.В., Лобкова Т.В. Философия единения с природой как основа энергоэффективной архитектуры жилища // Социально-гуманитарное обозрение. – 2018. – № 3. – С. 76–80.

4. Ильвицкая С.В., Лобкова Т.В. «Зеленая» архитектура жилища и GREEN BIM технологии // Архитектура и строительство России. – 2018. – № 1. – С. 100–113.

5. Крогиус В. Р. Город и рельеф. – М.: Стройиздат, 1979. – 124 с.

6. Лазарева М.В. Многофункциональные пространства крупных общественных комплексов: автореф. дис. … канд. архитектуры: 18.00.01. – М.: МАРХИ, 2007. – 23 с.

7. Лебедев Ю.С. Архитектура и бионика. – М.: Стройиздат, 1977. – 221 с.

8. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб.: Полиграфист, 2002. – 295 с.

9. Пучков М.В. Город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей // Архитектон: известия вузов. – 2014. – № 45.

10. Сапрыкина Н.А. Формирование эко-устойчивого пространства обитания будущего. Теория. Практика. Перспективы. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2017. – 232 с.

11. Султанова А. Инновационные технологии и их влияние на архитектуру предприятий растениеводства // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – № 1(42). – С. 163–177.

12. Усов Я.Ю. Формирование архитектурно-планировочной структуры биоклиматических жилых зданий: автореф. дис. … канд. архитектуры: 05.23.21. – М.: МАРХИ, 2013. – 30 с.

13. Ellingsen E., Despommier D. The Vertical Farm – The Origin of a 21st Century Architectural Typology // CTBUH Journal. – 2008. – Issue III.

14. Alison Kwok A.G., Walter Grondzik W.T. The Green Studio: Environmental Strategies for Schematic Design. – Italy: Elsevier, 2007. – 389 p.

15. Weisz C. Resilient Design: “Systems Thinking” as a Response to Climate Change // Architectural Design. – 2018. – No. 1. – Pp. 24–31.

The Potential of Greenhouse Objects in the Formation of Year-Round Public Spaces in Siberian Cities

Tsybulskiy I.D.

Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the potential of greenhouse objects in the formation of year-round public spaces in Siberian cities. Special attention is given to the climatic conditions of Siberian urban environments, where a long cold season, seasonal restrictions on the use of open recreational territories and a lack of comfortable public spaces require new architectural and urban-planning solutions. Greenhouse objects are considered as a specific type of public space that combines recreational, ecological, cultural and social functions within a controlled internal environment. The article analyzes architectural and planning features of such objects, their role in the urban structure and the possibilities of their integration into the system of public spaces in Siberian cities. The study concludes that greenhouse objects may serve as an important instrument for improving the quality of the urban environment and forming year-round public infrastructure.
Keywords: greenhouse object; public space; Siberian cities; year-round recreation; architectural environment; urban infrastructure; sustainable development.

References

1. Veselova, S.S. The Art of Interior Landscaping and the Creation of Winter Gardens from Ancient Rus to the Art Nouveau Era. Moscow: Fiton+, 2012. Pp. 10–85.
2. Zimireva, E.S. Integration of the natural component into the structure of public buildings. In: Architectural Concepts and Experimental Projects: Myths and Reality. Yekaterinburg, 2013, pp. 52–53.
3. Ilvitskaya, S.V., Lobkova, T.V. The philosophy of unity with nature as the basis of energy-efficient residential architecture. Social and Humanitarian Review, 2018, no. 3, pp. 76–80.
4. Ilvitskaya, S.V., Lobkova, T.V. “Green” residential architecture and GREEN BIM technologies. Architecture and Construction of Russia, 2018, no. 1, pp. 100–113.
5. Krogius, V.R. City and Relief. Moscow: Stroyizdat, 1979. 124 p.
6. Lazareva, M.V. Multifunctional Spaces of Large Public Complexes. Abstract of PhD dissertation in Architecture. Moscow: Moscow Architectural Institute, 2007. 23 p.
7. Lebedev, Yu.S. Architecture and Bionics. Moscow: Stroyizdat, 1977. 221 p.
8. Nefedov, V.A. Landscape Design and Environmental Sustainability. St. Petersburg: Poligrafist, 2002. 295 p.
9. Puchkov, M.V. City and citizens: public spaces as moderators of human behavior. Architecton: Proceedings of Higher Education Institutions, 2014, no. 45.
10. Saprykina, N.A. Formation of an Eco-Sustainable Living Environment of the Future: Theory, Practice, Prospects. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2017. 232 p.
11. Sultanova, A. Innovative technologies and their impact on the architecture of crop production enterprises. Architecture and Modern Information Technologies, 2018, no. 1(42), pp. 163–177.
12. Usov, Ya.Yu. Formation of the Architectural and Planning Structure of Bioclimatic Residential Buildings. Abstract of PhD dissertation in Architecture. Moscow: Moscow Architectural Institute, 2013. 30 p.
13. Ellingsen, E., Despommier, D. The Vertical Farm – the origin of a 21st-century architectural typology. CTBUH Journal, 2008, Issue III.
14. Alison Kwok, A.G., Walter Grondzik, W.T. The Green Studio: Environmental Strategies for Schematic Design. Italy: Elsevier, 2007. 389 p.
15. Weisz, C. Resilient design: “systems thinking” as a response to climate change. Architectural Design, 2018, no. 1, pp. 24–31.

Методы сейсмоусиления железобетонных конструкций зданий в Марокко

Шаоуи Айа
магистрант, направление подготовки "Строительство", 08.04.01, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ayachaoui299@gmail.com,

Абу Махади Мохаммед Ибрагим
кандидат технических наук, доцент Департамента архитектуры и строительства, Инженерная академии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, abu-makhadi-mi@rudn.ru

Сейсмические события выявляют конструктивные дефекты, расчётные недочёты и технологические нарушения, которые в условиях отсутствия сейсмического воздействия могут оставаться латентными. Катастрофическое землетрясение 8 сентября 2023 года в провинции Аль-Хауз (Высокий Атлас, Марокко, M_w = 6,8) наглядно продемонстрировало уязвимость существующего железобетонного фонда зданий, спроектированных без учёта актуальных сейсмических требований. Восстановление и сейсмоусиление повреждённых и потенциально уязвимых сооружений требует системного подхода, включающего диагностику конструктивных патологий, применение специализированных методов усиления и численную оценку уязвимости. Настоящая работа посвящена исследованию патологий железобетонных жилых зданий, анализу методов сейсмоусиления железобетонных конструкций и нелинейной оценке их эффективности посредством статического Pushover-анализа. Метод позволяет построить кривые хрупкости, определить зоны концентрации пластических деформаций, установить наиболее уязвимые направления нагружения и количественно оценить степень повреждений. Результаты свидетельствуют о существенном повышении несущей способности по горизонтальной нагрузке и снижении межэтажных смещений при введении железобетонных диафрагм жёсткости в существующий каркас.

Ключевые слова: землетрясение; сейсмоусиление; конструктивная патология; железобетонный каркас; Pushover-анализ; RPS 2000; диафрагмы жёсткости.

1. Введение

Сейсмический риск представляет собой функцию двух независимых составляющих: сейсмической опасности, определяемой геотектонической позицией территории, и конструктивной уязвимости, обусловленной характеристиками отдельных сооружений. Марокко находится в зоне активного взаимодействия Евразийской и Африканской литосферных плит, что предопределяет высокую сейсмическую активность в ряде регионов страны — прежде всего в горных системах Рифа и Высокого Атласа. Разрушительные землетрясения в Агадире (1960, M = 5,9), Аль-Хосейме (2004, M_w = 6,3) и провинции Аль-Хауз (2023, M_w = 6,8) подчёркивают актуальность задачи повышения сейсмостойкости существующего строительного фонда.

Значительная часть зданий Марокко, возведённых до введения национального регламента сейсмостойкого строительства RPS 2000 (Règlement de Construction Parasismique), не отвечает современным требованиям безопасности при сейсмических воздействиях. Эти здания, спроектированные по нормам, не содержавшим сейсмических критериев, характеризуются недостаточной боковой жёсткостью, низкой пластичностью узловых сопряжений и дефицитом поперечного армирования в критических сечениях колонн, что наглядно подтвердилось при землетрясении 2023 года в провинции Аль-Хауз.

Обеспечение сейсмостойкости при расчёте конструкций определяется выбором поведенческой модели. Проектирование в упругой стадии обеспечивает минимальные повреждения, однако требует значительного увеличения сечений несущих элементов и, как следствие, существенного удорожания. Концепция пластического поведения основана на способности конструкции рассеивать сейсмическую энергию в заранее выбранных сечениях-«предохранителях», не допуская общего обрушения. При этом допускаются пластические деформации при средних и сильных землетрясениях с необходимостью последующего ремонта отдельных элементов. В настоящее время разработан ряд апробированных методов сейсмоусиления существующих конструкций, позволяющих реализовать пластическую концепцию работы для зданий, изначально запроектированных без надлежащего учёта сейсмической нагрузки.

2. Конструктивная патология зданий при сейсмических воздействиях

В строительной механике понятие «патология конструкций» охватывает совокупность процессов деградации несущей способности, обусловленных первоначальными дефектами проектирования, расчётными ошибками или нарушениями при производстве строительных работ. Применительно к сейсмостойкости под патологией понимается комплекс структурных особенностей, повышающих вероятность повреждения или обрушения здания при заданном уровне сейсмического воздействия.

Анализ повреждений зданий при землетрясении 2023 года в провинции Аль-Хауз (Марокко) позволяет систематизировать основные группы конструктивной патологии.

а. Ошибки архитектурного и строительного проектирования

К данной категории относятся: применение несвязанной каменной кладки в качестве заполнения железобетонного каркаса (Рисунок 1); формирование «коротких колонн» — элементов с пониженным рабочим пролётом вследствие частичного ограничения высоты оконными или лестничными проёмами; реализация плоских схем с нерегулярностью в плане — Г-, Т- и П-образных конфигураций (Рисунок 4), создающих при сейсмическом воздействии значительные крутильные моменты; резкое изменение жёсткости по высоте при наличии мягкого нижнего этажа (Рисунок 5); наконец, формирование эффекта P-Δ в высоких и гибких конструкциях.

Рисунок 1. Несвязанная каменная кладка в железобетонном каркасе

б. Расчётные недочёты

Ключевой расчётной патологией является отсутствие верифицированного сейсмостойкого расчёта. Применительно к Марокко это характерно для значительного большинства зданий, запроектированных и возведённых до введения в действие RPS 2000 в 2002 году. Такие сооружения, рассчитанные только на гравитационные нагрузки, принципиально не располагают достаточной боковой несущей способностью. В критических случаях несущие элементы оказываются недоразмеренными, горизонтальные связи обеспечены лишь в одном направлении, а перекрытия недостаточно жёстки в своей плоскости для обеспечения совместной работы вертикальных элементов. Некорректное конструирование узлов сопряжения балок с колоннами при отсутствии поперечного армирования приводит к хрупкому разрушению в зоне узла под воздействием циклического нагружения (Рисунок 2).

Рисунок 2. Хрупкое разрушение узла вследствие недостаточного сцепления арматуры модельного зала мечети Хассан II

Рисунок 3. Обрушение конструкции вследствие недостаточной пластичности

в. Качество производства строительных работ

Несоответствие фактического качества материалов и производства работ проектным требованиям является одним из основных факторов, определяющих реальную сейсмостойкость здания. К существенным нарушениям относятся: применение бетона пониженной прочностной марки; использование гладкой арматуры без периодического профиля; недостаточное защитное покрытие арматуры; нарушение требуемого шага хомутов в колоннах и узлах; несоблюдение проектных длин анкеровки арматурных стержней.

г. Геотехнические и технические факторы

Значительное влияние на характер повреждений оказывают условия грунтового основания. В соответствии с RPS 2000, для площадок, расположенных на мягких грунтах категорий S3 и S4, расчётные спектры сейсмических воздействий характеризуются заметным увеличением ординат, что критически важно для гибких зданий. Отсутствие предварительных геотехнических изысканий приводит к недооценке локальных эффектов усиления сейсмических колебаний. Дополнительными факторами риска служат: ненадлежащий контроль качества материалов в ходе строительства; недостаточный мониторинг производства работ; вторжение конструктивной кладки в работу каркаса без учёта взаимодействия системы «кладка — каркас» (Davidovici V., 2003) (Рисунки 6, 7).

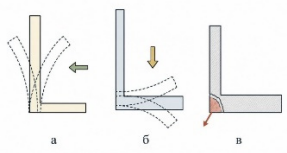


Рисунок 4. Примеры нерегулярных планировок (Г-, Т-, П-образные схемы)

Рисунок 5. Резкое изменение жёсткости по высоте здания — «мягкий этаж»

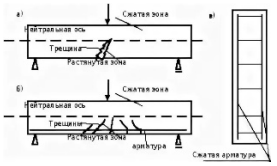


Рисунок 6. Взаимодействие каменного заполнения и железобетонного каркаса

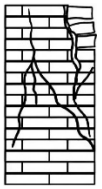


Рисунок 7. Трещинообразование в каменном заполнении после сейсмического воздействия

3. Методы сейсмоусиления железобетонных конструкций

Сейсмоусиление представляет собой комплекс мероприятий, направленных на повышение несущей способности по горизонтальной нагрузке, увеличение пластичности и диссипативной способности существующих конструктивных систем с целью доведения их характеристик до уровня, регламентированного действующими нормативными документами — в первую очередь RPS 2000 и Еврокодом 8 (EN 1998-3) для существующих зданий. К числу наиболее апробированных методов относятся: встраивание стальных профилей; наклейка стальных пластин и ламелей из полимерных композитов, армированных волокном (FRP); усиление методом NSMR (Near Surface Mounted Reinforcement), заключающееся в заделке стержней или лент из углепластика (CFRP) в предварительно прорезанные пазы на поверхности элемента; введение монолитных железобетонных диафрагм жёсткости (shear walls) в существующий каркас.

Выбор конкретного метода определяется результатами детального диагностического обследования, целевым уровнем сейсмостойкости, типом конструктивной схемы и технико-экономическими критериями. При этом особое значение применительно к условиям Марокко имеет учёт климатических факторов: для прибрежных районов (Касабланка, Агадир, Танжер) с повышенной агрессивностью среды предпочтительны системы FRP на основе углеродных или стеклянных волокон, обладающие высокой коррозионной стойкостью; для внутренних районов с резкими температурными перепадами критична технология производства бетонных работ, исключающая пересыхание смеси при летних температурах до +45 °C.

4. Сейсмоусиление железобетонного каркаса посредством введения диафрагм жёсткости: расчётный пример

В качестве расчётного объекта рассматривается четырёхэтажное железобетонное каркасное здание с монолитными пустотными перекрытиями толщиной 200 мм (Рисунки 8, 9). Геометрические параметры поперечных сечений несущих элементов: ригели — 300×450 мм; прогоны — 300×350 мм; колонны — 300×400 мм; толщина диафрагм жёсткости — 150 мм. Высота типового этажа составляет 3,06 м. Сооружение расположено на площадке II сейсмической зоны Марокко согласно карте сейсмического районирования RPS 2000 в грунтовых условиях, соответствующих категории рыхлых грунтов.

Характеристики материалов (по нормам BAEL 91, применявшимся на этапе первоначального проектирования):

- бетон класса B25: нормативное сопротивление f_{n28} = 25 МПа; модуль упругости E_n = 32 164 МПа;
- продольная арматура класса FeE400: $E_s = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; f_γ = 400 МПа;
- поперечная арматура класса FeE235: $E_s = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; f_γ = 235 МПа.

Сейсмические коэффициенты, принятые для расчётной площадки: Ca = 0,28; Cv = 0,40 в соответствии с RPS 2000.

5. Нелинейный статический (Pushover) анализ

Для количественной оценки сейсмической уязвимости исходной и усиленной конструктивных систем применялся нелинейный статический (Pushover) анализ в программном комплексе SAP2000 v.11 (Habibullah A., Pyle S., 1998). Метод предполагает приложение монотонно возрастающей горизонтальной нагрузки при постоянных гравитационных нагрузках с отслеживанием последовательного формирования пластических шарниров до достижения механизма разрушения. Параметры пластических шарниров определялись в соответствии с FEMA 356: для ригелей — момент-поворот M3; для колонн — взаимодействие P–M2–M3. Расчётные точечные спектры смещений строились с использованием спектра отклика RPS 2000.

5.1 Исходная конструктивная схема («колонны – ригели»)

а. Направления x-x и y-y

Кривые уязвимости (base shear — roof displacement) представлены на Рисунках 10 и 11. Наложение спектра отклика позволяет определить точку эксплуатационных характеристик (performance point) и построить кривые хрупкости (Рисунки 12, 13). Картина формирования пластических шарниров показана на Рисунках 14 и 15.

В направлении x-x фиксируется образование пластических шарниров типа C в ригелях и колоннах и типа D в ригелях, что соответствует утрате устойчивости конструктивной системы. В направлении y-y образуются шарниры типа C исключительно в колоннах, что также свидетельствует о недостаточной сейсмостойкости. Согласно результатам Pushover-анализа, точка эксплуатационных характеристик соответствует значениям: V = 145,381 кН, D = 0,144 м (направление x-x) и V = 216,225 кН, D = 0,115 м (направление y-y). Конструкция демонстрирует наибольшую уязвимость в направлении x-x. Требования RPS 2000 предписывают обеспечение расчётной сейсмостойкости одновременно в обоих горизонтальных направлениях.

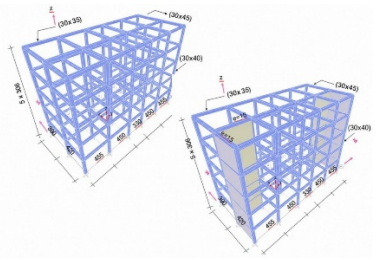


Рисунок 8. Здание без обвязки

Рисунок 9. Здание с обвязкой

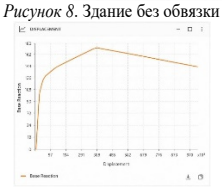


Рисунок 10. Кривая «поперечная сила — смещение вершины», направление x-x

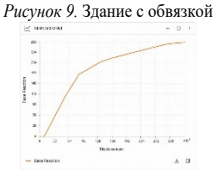


Рисунок 11. Кривая «поперечная сила — смещение вершины», направление y-y

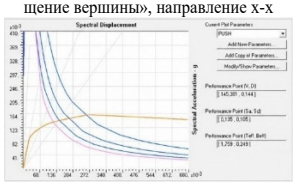


Рисунок 12. Кривая хрупкости, направление x-x

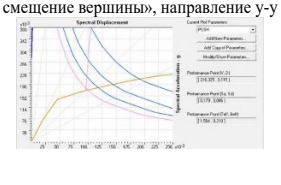


Рисунок 13. Кривая хрупкости, направление y-y

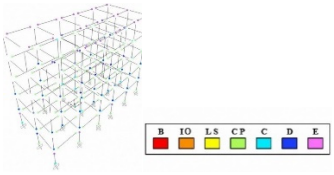


Рисунок 14. Распределение пластических шарниров, направление x-x (исходная схема)

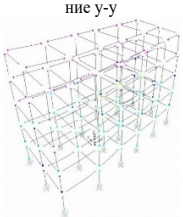


Рисунок 15. Распределение пластических шарниров, направление y-y (исходная схема)

5.2 Усиленная конструктивная схема («колонны – ригели – диафрагмы жёсткости»)

a. Направления x-x и y-y

Распределение пластических шарниров в усиленной схеме представлено на Рисунках 16 и 17. В направлении x-x пластические шарниры относятся к категории B, что соответствует немедленному занятию объекта (Immediate Occupancy) без нарушения несущей способности системы. Общая устойчивость сооружения при этом сохраняется. В направлении y-y пластические шарниры категории B формируются исключительно в ригелях; в колоннах пластические деформации не наблюдаются, что свидетельствует о реализации предпочтительного механизма «слабая балка — прочная колонна» (weak beam — strong column), предписываемого концепцией пластического проектирования.

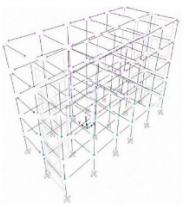


Рисунок 16. Распределение пластических шарниров, направление x-x (усиленная схема)

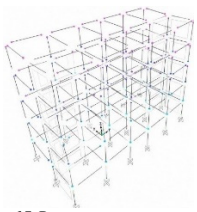


Рисунок 17. Распределение пластических шарниров, направление y-y (усиленная схема)

6. Сравнительный анализ результатов

a. Направление x-x

Конструктивная схема	Период T (с)	Попер. сила V (кН)	Смещение Dp (м)	Условный коэффициент демпфирования βeff
Колонны–ригели	1,759	145,381	0,144	0,249
Колонны–ригели + диафрагмы жёсткости	0,305	712,212	0,024	0,052

Таблица 1. Сравнительные характеристики конструктивных схем, направление x-x

б. Направление y-y

Конструктивная схема	Период T (с)	Попер. сила V (кН)	Смещение Dp (м)	Условный коэффициент демпфирования βeff
Колонны–ригели	1,501	216,225	0,115	0,201
Колонны–ригели + диафрагмы жёсткости	0,309	731,569	0,024	0,052

Таблица 2. Сравнительные характеристики конструктивных схем, направление □-□

Введение диафрагм жёсткости обеспечивает кардинальное изменение динамических характеристик конструктивной системы. Собственный период колебаний сокращается в 4,9–5,8 раза (с 1,759 с до 0,305 с по направлению x-x; с 1,501 с до 0,309 с по направлению y-y), что соответствует переходу из длиннопериодной области спектра в зону плато. Горизонтальная несущая способность возрастает в 4,9 раза (направление x-x: с 145,4 кН до 712,2 кН) и в 3,4 раза (направление y-y: с 216,2 кН до 731,6 кН). Максимальное горизонтальное смещение вершины снижается в 6,0 раз (с 0,144 м до 0,024 м по направлению x-x) и в 4,8 раза (с 0,115 м до 0,024 м по направлению y-y). Коэффициент эффективного вязкого демпфирования β°ff уменьшается с 0,249 до 0,052 (направление x-x) и с 0,201 до 0,052 (направление y-y), что свидетельствует о переходе от рассеивания значительной гистерезисной энергии в пластических шарнирах к упругой работе конструкции. Межэтажные смещения в усиленной схеме соответствуют уровню уязвимости LS1 («незначительные повреждения») по классификации FEMA 356, в то время как в исходной схеме фиксируется уровень LS3–LS4 («значительные повреждения» — «обрушение»).

Заключение

Уязвимость железобетонных зданий при сейсмических воздействиях определяется совокупностью факторов: конструктивной схемой, количеством этажей, системой горизонтальных связей, характеристиками применяемых материалов и условиями грунтового основания. Опыт разрушительных землетрясений в Марокко, включая катастрофическое событие 2023 года в провинции Аль-Хауз, подтверждает, что здания, спроектированные без учёта требований RPS 2000, характеризуются критически недостаточной сейсмостойкостью.

Проведение диагностики уязвимости является обязательным предварительным условием разработки проекта сейсмоусиления, поскольку позволяет установить наиболее нагруженные направления, идентифицировать критические элементы и обоснованно выбрать метод усиления. Сравнительный Pushover-анализ подтвердил высокую эффективность введения железобетонных диафрагм жёсткости в существующий каркас: горизонтальная несущая способность возросла в 3,4–4,9 раза, максимальные межэтажные смещения снизились в 4,8–6,0 раз, а формирование пластических шарниров перешло с уровня неустойчивых состояний (типы C–D) к категории B («немедленное занятие»).

Выбор оптимального метода сейсмоусиления — стальные обоймы, FRP-конфайнмент, диафрагмы жёсткости или их сочетание — должен основываться на результатах детального обследования здания, требуемом уровне защиты по RPS 2000, архитектурных ограничениях и экономической целесообразности с учётом климатических условий конкретного района Марокко. Принципиальное значение имеет также формирование у инженерно-технических кадров глубокого понимания физики сейсмических процессов и критериев сейсмостойкого конструирования как непременного условия качественной реализации проектов усиления.

Литература

1. Règles BAEL 91 révisées 99. Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et Constructions en Béton Armé suivant la Méthode des États Limites. Paris: EYROLLES, 3e édition, 2002.

2. Maroc, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement. Règlement de Construction Parasismique (RPS 2000, version 2011). Rabat: MHUAE, 2011.

3. Davidovici, V. La Construction en Zone Sismique. Paris: Le Moniteur, 2003.

4. Maroc, Ministère de l'Aménagement du Territoire. Décret n° 2-02-177 du 9 hija 1422 portant approbation du Règlement de Construction Parasismique (RPS 2000). Bulletin Officiel n° 5018, 2002.

5. Centre National de Coordination et de Planification de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST). Rapport préliminaire sur le séisme d'Al-Haouz du 8 septembre 2023, province de l'Atlas. Rabat: CNRST/IGEA, 2023.

6. Dowrick, D.J. Earthquake Resistant Design. New York: John Wiley & Sons, 1977.

7. Institut National de Géophysique (ING). Bulletin sismologique: séisme principal M_2 6.8, Al-Haouz, 8 septembre 2023. Rabat: Haut-Commissariat au Plan, 2023.

8. Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 1998-3:2005 — Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings. Brussels: CEN, 2005.

9. FEMA 273. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., 1997.

10. Fahjan, Y.M., Kubin, J., Tan, M.T. Nonlinear analysis methods for reinforced concrete buildings with shear walls. Proceedings of the 14th European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, 2010. Paper No. 1111.

Seismic strengthening methods for reinforced concrete building structures in Morocco

Shaoui Aya, Abu Mahadi Mohammed Ibrahim
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

Seismic events reveal structural defects, design flaws, and process failures that may remain latent in the absence of seismic action. The catastrophic earthquake of September 8, 2023, in Al Haouz Governorate (High Atlas, Morocco, Mw = 6.8) vividly demonstrated the vulnerability of existing reinforced concrete buildings designed without taking into account current seismic requirements. Restoration and seismic retrofitting of damaged and potentially vulnerable structures requires a systematic approach, including diagnostics of structural pathologies, the use of specialized reinforcement methods, and a numerical vulnerability assessment. This paper examines the pathologies of reinforced concrete residential buildings, analyzes seismic retrofitting methods for reinforced concrete structures, and performs a nonlinear assessment of their effectiveness using static pushover analysis. This method allows one to construct fragility curves, determine zones of plastic strain concentration, identify the most vulnerable loading directions, and quantify the extent of damage. The results demonstrate a significant increase in horizontal load-bearing capacity and a reduction in interstory displacements with the introduction of reinforced concrete shear diaphragms into the existing frame.

Keywords: earthquake; seismic strengthening; structural pathology; reinforced concrete frame; pushover analysis; RPS 2000; shear diaphragms.

References

1. Règles BAEL 91 révisées 99. Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et Constructions en Béton Armé suivant la Méthode des États Limites. Paris: EYROLLES, 3rd edition, 2002.
2. Maroc, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement. Règlement de Construction Parasismique (RPS 2000, version 2011). Rabat: MHUAE, 2011.
3. Davidovici, V. La Construction en Zone Sismique. Paris: Le Moniteur, 2003.
4. Maroc, Ministère de l'Aménagement du Territoire. Décret n° 2-02-177 du 9 hija 1422 portant approbation du Règlement de Construction Parasismique (RPS 2000). Bulletin Officiel n° 5018, 2002.
5. Center National de Coordination et de Planification de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST). Rapport préliminaire sur le séisme d'Al-Haouz du 8 September 2023, province de l'Atlas. Rabat: CNRST/IGEA, 2023.
6. Dowrick, D.J. Earthquake Resistant Design. New York: John Wiley & Sons, 1977.
7. Institut National de Géophysique (ING). Bulletin sismologique: séisme principal M_2 6.8, Al-Haouz, 8 September 2023. Rabat: Haut-Commissariat au Plan, 2023.
8. Comité Européen de Normalization (CEN). EN 1998-3:2005 - Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings. Brussels: CEN, 2005.
9. FEMA 273. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., 1997.
10. Fahjan, Y.M., Kubin, J., Tan, M.T. Nonlinear analysis methods for reinforced concrete buildings with shear walls. Proceedings of the 14th European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, 2010. Paper no. 1111.

Механические свойства и долговечность бетона с переработанными заполнителями

Шаоуи Айа
магистрант по направлению подготовки «Строительство» 08.04.01, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Ayachaoui299@gmail.com,

Абу Махади Мохаммед Ибрагим
кандидат технических наук, доцент Департамента архитектуры и строительства, Инженерная Академия, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Abu-makhadi-mi@rudn.ru

В России ежегодно образуются миллионы тонн бетонного лома от сноса зданий, однако доля его использования в новом строительстве значительно ниже, чем в Германии, Нидерландах и Японии. Токарев В.А [18, с. 899-901]. В статье приведены результаты эксперимента, проведённого в климатических условиях Махачкалы, и выполнено сравнение с данными зарубежных исследований. Бетон из снесённого здания был переработан в дроблёный заполнитель, которым заменяли природный щебень в долях 0 %, 25 %, 50 %, 75 % и 100 %. Прочность на сжатие определяли на 7-е, 21-е, 28-е и 90-е сутки. Долговечность оценивали по открытой пористости согласно ГОСТ 12730.4-2020. Установлено, что при замене до 25 % прочность снижается не более чем на 8 %, что технически приемлемо. При доле замены выше 50 % потери прочности превышают 30 %. Если добавить пластификатор ЛСТ в количестве 1 % от массы вяжущего, то допустимый уровень замещения можно поднять до 50 %, и при этом нормативы останутся в рамках требований. По показателям открытой пористости (13,4–13,9 %) бетон на переработанном заполнителе спокойно выдерживает 100-летний срок службы — в сухих, влажных и даже приморских условиях. А для прибрежных районов Дагестана такие свойства особенно важны.

Ключевые слова: вторичный щебень, переработанные заполнители, прочность на сжатие, пористость, семиаридный климат, долговечность бетона, пластификатор.

1. Введение

Когда сносят здания, строительный мусор всё равно образуется — никуда не деться. И это один из самых массовых видов отходов в промышленности. В городах, где дома стоят плотно и старое постоянно меняют на новое, проблема с вывозом и утилизацией такого мусора становится не только экологической, но и транспортной — остро и по-настоящему. Дроблёный бетон при соблюдении определённых ограничений может служить полноценным крупным заполнителем для новых бетонных смесей. Однако для обеспечения несущей способности конструкций необходимо обоснование допустимой доли замещения природного щебня вторичным. Актуальность задачи подтверждается отсутствием единых рекомендаций, учитывающих как прочностные, так и эксплуатационные характеристики. Климатические условия Республики Дагестан предъявляют дополнительные требования к бетону. Махачкала расположена в полусухой (семиаридной) зоне с жарким сухим летом (температура до +38 °C) и мягкой зимой. Высокая инсоляция, переменная влажность и близость Каспийского моря создают риск проникновения влаги, солей и углекислого газа через поровую структуру бетона, что приводит к карбонизации и коррозии арматуры. Анализ российских исследований, посвящённых Дагестану, показал отсутствие систематических данных о пористости [15, с. 54], влаго- и солепроницаемости бетонов с переработанными заполнителями. Данная работа направлена на восполнение этого пробела.

Основная гипотеза исследования заключается в следующем: существует предельная доля замещения природного крупного заполнителя переработанным щебнем, при которой снижение прочности на сжатие и изменение открытой пористости не превышают допустимых значений для бетона класса В25 в условиях семиаридного прибрежного климата. Применение пластифицирующих добавок позволяет сдвинуть этот предел без существенного изменения технологии. Кроме того, предполагается, что эффективность добавок различных типов (лигносульфонатов, нафталинсульфонатов, поликарбоксилатов) в бетонах с переработанным заполнителем может отличаться от их эффективности в традиционных составах из-за особенностей поверхности вторичного щебня.

2. Обзор литературы

Проблема переработки бетонного лома и повторного использования дроблёного бетона в качестве крупного заполнителя привлекает всё больше внимания как в России, так и за рубежом. Основная причина — рост объёмов строительных отходов при сносе зданий и постепенное истощение месторождений природного щебня.

В странах Европейского союза нормативные документы допускают замену природного заполнителя вторичным до 30–50 % в зависимости от класса бетона. Обзор мирового опыта рециклинга, выполненный Токаревым В.А. и др. [18, с. 899], показывает, что наиболее продвинутые практики сложились в Германии, Нидерландах и Японии, где доля переработанного бетона в новых конструкциях достигает 20–25 %. При этом российские показатели остаются значительно ниже.

Российские исследования в этой области ведутся по нескольким направлениям. Брыков А.С. и Чугунова К.О. в двух частях своей работы [14, с. 44] подробно разбирают свойства заполнителей из дроблёного бетона и их влияние на новые бетонные смеси. Авторы приходят к выводу, что даже при высоком замещении природного щебня вторичным возможно получить конструкционный бетон, если скорректировать состав или ввести пластифицирующие добавки. Лейте М.Б. и др. [23, с. 397] изучали механические характеристики бетона с вторичными заполнителями при разных значениях водовяжущего отношения и также подтвердили нелинейный характер снижения прочности.

Для Республики Дагестан особый интерес представляет работа Хаджишалапова Г.Н. и др. [15, с. 57], в которой исследованы физико-механические свойства модифицированного бетона именно на основе вторичного щебня. Авторы использовали отходы местного строительного производства, что делает их результаты напрямую применимыми к условиям Махачкалы и прилегающих районов. Однако в их работе отсутствуют систематические данные об открытой пористости и долговечности таких бетонов в семиаридном приморском климате.

Вопрос долговечности бетона с переработанными заполнителями в сложных климатических условиях остаётся наименее изученным. Жолдасов А.Т. [20, с. 1177] исследовал поведение тяжёлых бетонов при циклических воздействиях в суровых условиях эксплуатации, но его работа

выполнена на традиционных заполнителях. Разумовская В.Н. и Тужилова М.В. [21, с. 923-924] показали, что введение добавок может существенно повысить долговечность бетона, однако эффективность конкретных типов пластификаторов сильно зависит от вида заполнителя.

Отдельно стоит отметить исследования дагестанских авторов по экологическим аспектам строительства. Муртазаев С.А.Ю. и др. [17, с. 55-56] рассматривают пути декарбонизации отрасли, в том числе через использование переработанных материалов. Лесовик Г.А., Лесовик Я.Р. [22, с. 155] относят применение бетонных отходов от сноса к перспективным направлениям геоники — науки о преобразовании техногенных ресурсов.

Лесовик В.С., Дудченко В.А., Сальникова А.С., Казлитина О.В. [20, с. 105] изучали композиционные вяжущие с использованием продуктов рециклинга. Их выводы подтверждают, что старая цементная матрица на поверхности вторичного щебня может служить дополнительным центром кристаллизации, что объясняет ускорение твердения в ранние сроки — явление, зафиксированное и в нашем эксперименте.

Таким образом, несмотря на наличие работ по отдельным аспектам темы, до сих пор отсутствует целостное исследование, объединяющее оценку прочностных свойств, пористости и влияния пластификаторов для бетонов с переработанным заполнителем в условиях семиаридного прибрежного климата (на примере Махачкалы). Настоящая работа направлена на восполнение этого пробела.

Цель настоящей работы — экспериментально определить допустимую долю замещения природного щебня вторичным бетонным заполнителем в составе бетона класса В25 для условий семиаридного прибрежного климата (на примере Махачкалы) и оценить влияние различных пластифицирующих добавок на прочность и открытую пористость.

3. Материалы и методы исследования

3.1. Материалы и составы

Исходным материалом служил бетон, полученный при разборке советского жилого дома. После дробления материал был рассеян на фракции 5–12,5 мм и 12,5–31,5 мм. Вторичный щебень использовался для замещения природного гравия тех же фракций. Проектная марка бетона – В25 (прочность на сжатие 25 МПа на 28-е сутки), осадка конуса – 7–9 см. Базовый состав на 1 м³ приведён в таблице 1. Рецептура рассчитана согласно СП 82-101-2003. Водоцементное отношение фиксировано и равно 0,54. Брыков А.С., Чугунова К.О. [13, с. 54-56]

Таблица 1
Базовый состав бетонной смеси на 1 м³

Компонент	Масса, кг	Объём, м³
Вода	190	0,19
Цемент ПЦ 400	350	0,11
Песок природный	473	0,18
Гравий 5–12,5 мм	376	0,15
Гравий 12,5–31,5 мм	573	0,22

Уровни замещения природного заполнителя вторичным: 0, 25, 50, 75 и 100% (по массе). Для каждой доли и каждого возраста (7, 21, 28, 90 суток) изготовлено по три цилиндрических образца. Твердение – в нормальных условиях (температура 20±2 °С, относительная влажность не менее 95%).

Для оценки влияния пластификаторов выбраны три типа добавок (дозировка 1% от массы вяжущего, за исключением С-3, который испытывался при дозировках 0,5%, 1,0% и 1,5%):

- лигносульфонат технический ЛСТ (АО «Сясьский ЦБК») – пластификатор первого поколения, снижение водопотребности 5–15%;
- суперпластификатор С-3 на основе нафталинсульфоната (ЗАО «Владимирский ЖБК») – снижение водопотребности 25–30%;
- поликарбоксилатный суперпластификатор Melflux 1641F (BASF) – снижение водопотребности более 30%.

3.2. Испытания на прочность

Испытания на сжатие проводили по ГОСТ 10180-2012 на образцах-цилиндрах в возрасте 7, 21, 28 и 90 суток.

3.3. Оценка долговечности по пористости

Открытую пористость определяли по ГОСТ 12730.4-2020 методом гидростатического взвешивания после вакуумного насыщения водой. Пористость ε (%) вычисляли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{M_{нас} - M_{сух}}{M_{нас} - M_{вод}} \times 100 \quad (1)$$

где Мсух – масса сухого образца; Мнас – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе; Мвод – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде.

Критерии допустимой пористости для различных сроков службы и типов среды приведены в таблице 2. Для 100-летнего срока службы в сухих, влажных и прибрежных условиях (без прямого контакта с морской водой) порог составляет P < 14%.

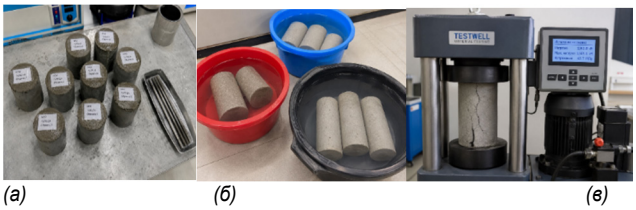
Таблица 2
Допустимая открытая пористость в зависимости от срока службы и типа среды

Тип среды	Срок службы > 100 лет	50–100 лет	< 50 лет
Сухая / постоянно влажная (в т.ч. погружение)	P < 14%	P < 16%	P < 16%
Влажная среда с редкими периодами высыхания	P < 14%	P < 16%	P < 16%
Воздействие морской соли или реагентов	P < 14%	P < 15%	P < 16%

4. Результаты исследований

4.1 Прочность

Результаты испытаний представлены в таблице 3 и на рисунках 1–2.



(а) (б) (в)
Рисунок 1. Этапы подготовки образцов бетона: (а) подготовка бетона и испытательных трубок; (б) консервация испытательных образцов; (в) дробление бетонных трубок

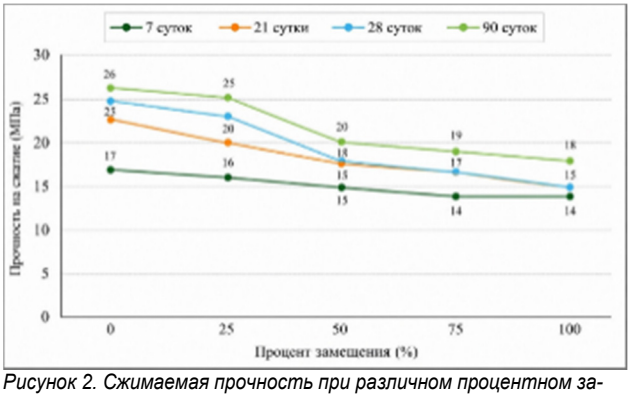


Рисунок 2. Сжимаемая прочность при различном процентном замене через 7, 21, 28 и 90 дней после изготовления.

Таблица 3
Прочность при сжатии (МПа) при различных долях замещения и возрасте образцов

Доля вторичного заполнителя	7 суток	21 сутки	28 суток	90 суток
0% (эталон)	17	23	25	26
25%	16	20	23	25
50%	15	18	18	20
75%	14	17	17	19
100%	14	15	15	18

Установлено, что при увеличении доли вторичного заполнителя скорость раннего твердения возрастает. Для составов с замещением 50% и более к 7 суткам достигается 75–78% прочности 90-суточного возраста, тогда как для эталонного состава – только 57%. При замещении 25% прочность на 28 сутки составила 23 МПа, по сравнению с результатами Брыкова А.С., Чугуновы К.О. [13, с. 52-57], что на 8% ниже эталона и соответствует классу В25. При замещении 50% прочность снизилась до 18 МПа (падение 28%), что без корректирующих мер неприемлемо. Дальнейшее увеличение доли до 75% и 100% даёт незначительное дополнительное снижение прочности (2 МПа разницы), что указывает на достижение порога насыщения структуры старым цементным камнем.

4.2. Влияние пластифицирующих добавок

Добавка ЛСТ (1 % от массы вяжущего) поднимает прочность при любой доле замещения — это видно по таблице 4. Самое заметное улучшение при 50 % замещения: прочность вырастает с 18 до 23 МПа, то есть на 28 %. После этого состав уже можно считать технически приемлемым.

Таблица 4

Влияние пластификатора ЛСТ (1%) на прочность через 28 дней

Доля ВЗ, %	Без пластификатора, МПа	С пластификатором ЛСТ, МПа
25%	23	24
50%	18	23
75%	17	20
100%	15	19

Когда замещение фиксировали на 50 % и сравнивали три типа добавок обнаружено (таблица 5). Лигносульфонат ЛСТ дал самый большой прирост — +25 %. Суперпластификатор С-3 показал меньший прирост: +19 %. А вот поликарбоксилатный Melflux 1641F, наоборот, снизил прочность на 6 % относительно состава вообще без добавки.

Таблица 5
Сравнение добавок по прочности через 28 дней (доля замещения 50%)

Тип добавки	Прочность на сжатие, 28 суток (МПа)	Прирост прочности (%)
Без добавки	18	—
ЛСТ (пластификатор)	23	+25%
С-3 (суперпластификатор)	21	+19%
Melflux 1641F (поликарбоксилат)	17	−6%

Для С-3 лучшая дозировка — 1,0 %: прочность выходит 21 МПа. Если взять 1,5 %, прочность падает до 16 МПа — Увеличение дозировки С-3 до 1,5% приводит к снижению прочности до 16 МПа, что свидетельствует о замедлении гидратации цемента вследствие передозировки пластификатора.

4.3. Открытая пористость

Результаты измерений приведены в таблице 6. Средняя открытая пористость изменяется от 13,36% (при 50% замещения) до 13,85% (при 100% замещения). Все значения не превышают порог 14%, требуемый для 100-летнего срока службы.

Таблица 6
Влияние дозировки суперпластификатора С-3 на прочность (доля замещения 50%)

Доля ВЗ	Мсух, г	Мнас, г	Мвод, г	Пористость, %	Среднее, %
100%	2322,2	2464,1	1444,8	13,92	13,85
	2318,7	2459,4	1442,5	13,83	
	2310,3	2450,7	1434,8	13,82	
75%	2324,5	2465,6	1430,1	13,63	13,59
	2298,4	2439,9	1415,8	13,82	
	2298,3	2434,8	1410,9	13,33	
50%	2263,0	2423,0	1240,5	13,53	13,36
	2271,6	2429,4	1247,7	13,35	
	2284,1	2440,8	1254,3	13,20	

5. Обсуждение

Снижение прочности при введении переработанного заполнителя объясняется наличием старого цементного камня на поверхности зёрен. Эта пористая оболочка имеет микротрещины, возникшие при дроблении, и повышенную водопотребность (на 3–5% выше, чем у природного гравия). В результате фактическое водоцементное отношение в локальных зонах возрастает, что приводит к формированию более пористой структуры. Ускоренный набор прочности в ранние сроки при высоком замещении связан с дополнительными центрами кристаллизации, которые создают частицы старого цементного камня. Однако долговременная гидратация частично компенсирует начальный дефицит прочности за счёт продолжающегося твердения.

Эффективность лигносульфоната ЛСТ по сравнению с более современными пластификаторами объясняется различной адсорбционной способностью на поверхности старого цементного камня. Поликарбоксилатные молекулы требуют химически активной, непассивированной поверхности для закрепления якорных групп. Поверхность вторичного заполнителя уже прошла стадию гидратации и не обладает достаточным количеством активных центров. Лигносульфонаты, напротив, адсорбируются на различных субстратах, включая гидроксид кальция и продукты гидратации, что обеспечивает их работоспособность в системах с переработанным заполнителем.

Несовпадение критериев прочности и пористости при высоком замещении (100%) – прочность недопустимо низка, а пористость в пределах нормы – свидетельствует о том, что метод гидростатического взвешивания не учитывает замкнутые и слепые поры, которые не участвуют в водонасыщении, но снижают механическую прочность. В реальных условиях эксплуатации, особенно при циклическом увлажнении и воздействии солей, именно эти поры могут стать путями миграции агрессивных сред.

Полученные результаты согласуются с литературными данными в части общего снижения прочности при замещении природного заполнителя вторичным. [13, с. 52; 14, с. 45; 23, с. 158] Однако в настоящем исследовании впервые показано ускоренное твердение [21, с. 105] в ранние сроки при высоких долях замещения, а также выявлена неэффективность поликарбоксилатных пластификаторов в таких системах.

Порог замещения 25% без добавок является консервативным ориентиром. Применение лигносульфоната ЛСТ (1% от массы вяжущего) позволяет увеличить допустимую долю до 50% без изменения технологии укладки. Это расширяет область использования переработанного щебня и снижает затраты на утилизацию строительного лома.

То, что поликарбоксилатный пластификатор Melflux 1641F снизил прочность, идёт вразрез с расхожим мнением: мол, современные добавки всегда лучше. Тут дело в другом — поверхность старого цементного камня слишком пассивная, добавка к ней просто не прилипает как надо, не происходит нормальной адсорбции. Так что результат спорный, и его надо перепроверять на других видах вторичного заполнителя и на других поликарбоксилатах. При расстоянии более 40–50 км ценовое преимущество вторичного щебня может нивелироваться логистическими затратами. Определение точки безубыточности для условий Дагестана является следующим этапом работы.

Насколько выгодно использовать переработанный заполнитель — почти целиком определяется транспортным плечом: сколько везти от места сноса до дробилки, а потом от дробилки до самой стройки. При расстоянии более 40–50 км ценовое преимущество вторичного щебня может нивелироваться логистическими затратами. Определение точки безубыточности для условий Дагестана является следующим этапом работы.

6. Заключение

Из этого исследования можно сделать следующие выводы:

1. Впервые для семиаридного прибрежного климата (на примере Махачкалы) экспериментально определены допустимые доли замещения природного щебня вторичным бетонным заполнителем для класса В25.

2. Ускорение набора прочности в ранние сроки (75–78% от 90-суточной прочности к 7 суткам при замещении ≥50%) позволяет рекомендовать такие составы для конструкций, требующих ранней распалубки.

3. Без пластифицирующих добавок предельно допустимая доля замещения природного щебня вторичным составляет 25% (снижение прочности 8%, класс бетона сохраняется на уровне В25). Введение 1% ЛСТ от массы вяжущего повышает этот порог до 50% (прочность на 28 сутки — 23 МПа).

4. Поликарбоксилатные суперпластификаторы (на примере Melflux 1641F) показали отрицательный эффект в бетонах с высоким содержанием переработанного заполнителя из-за низкой адсорбции на пассивированной поверхности старого цементного камня.

5. Открытая пористость бетонов с переработанным заполнителем (даже при 100% замещения) не превышает 13,9%, что соответствует нормативу P<14% для 100-летнего срока службы в сухих, влажных и прибрежных условиях. Однако для окончательного суждения о долговечности необходимы прямые измерения хлоридной диффузии и карбонизации, особенно для прибрежных районов Дагестана.

6. Экономическая эффективность применения переработанного заполнителя сильно зависит от транспортного плеча, Муртазаев С.А.Ю. и др. [17, с. 51]; при расстояниях свыше 40–50 км преимущество в цене может быть утеряно.

Литература

1. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2013. URL: https://nppskmost.ru/files/gost-10180-2012.pdf

2. СП 82-101–98. Приготовление и применение растворов строительных. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/fc5/4294850874.pdf

3. ГОСТ 12730.4–2020. Бетоны. Методы определения показателей пористости. М.: Стандартинформ, 2020. URL: https://www.nilstroi.ru/upload/documents/14_74493.pdf

4. Баженов Ю.М. Технология бетона. 4-е изд. М.: АСВ, 2011. URL: https://www.litres.ru/get_pdf_trial/17187374.pdf

5. Веденикров В.И. Производство и применение бетонов с эффективными добавками. М.: Стройиздат, 2008. URL: https://degidrol.ru/assets/avtor-pdf/rukovodstvo_himdobavki-niizhb-1981.pdf

6. РЛ. СЕРЫХ Бетон и железобетон. URL: https://www.booksite.ru/beton/2006/2006_5.pdf

7. ГОСТ Р 57349–2016. Бетоны. Правила подбора состава бетонной смеси. М.: Стандартинформ, 2017. 28 с. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/9cd/4293749114.pdf

8. ГОСТ 31108–2020. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: Стандартинформ, URL: 2021. 32 с. https://rosgosts.ru/file/gost/91/100/gost_31108-2020.pdf

9. Пунцель Д.О., Корбут Е.Е., Поддубский А.В. Использование керамического кирпичного боя в качестве заполнителя для легких бетонов. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38317903

10. Тужилова М.В., Щеглова П.А., Лисятников М.С., Рощина С.И. Использование резиновой крошки в качестве частичной замены мелкого заполнителя в бетоне URL:. https://elibrary.ru/item.asp?id=88893424

11. Ладик Я.Р., Шапоренко Р.А. Возможные материалы замены песка в бетоне. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=80246941

12. Ковокин М.О., Шестерин А.И., Ерошкина Н.А. и др. Влияние вторичного заполнителя на основе бетонного лома на свойства бетона. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vtorichnogo-zapolnitelya-na-osnove-betonnogo-loma-na-svoystva-betona

13. Брыков А.С., Чугунова К.О. Заполнители из дробленого бетона в составе новых конструкционных бетонов. Часть I // Цемент и его применение. 2024. № 5. С. 52-57. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=79698231

14. Брыков А.С., Чугунова К.О. Заполнители из дробленого бетона в составе новых конструкционных бетонов. Часть II // Цемент и его применение. 2024. № 6. С. 44-51. URL: https://jcement.ru/magazine/vypusk-6-2024/zapolniteli-iz-droblenogo-betona-v-sostave-novykh-konstruktsionnykh-betonov-chast-ii/ / https://elibrary.ru/item.asp?id=80616228

15. Хаджишалапов Г.Н., Нажуев М.П., Исаева У.И., Салахов Э.А., Абдурахимов М.Ш., Ахмедов М.Н. Исследование альтернативных источников сырья для строительной отрасли. Физико-механические свойства модифицированного бетона на основе вторичного щебня // Научные исследования: итоги и перспективы. 2023. Т. 4. № 2. С. 52-59. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54389704

16. Нажуев М.П., Пошев А.У.Б., Исаева У.И., Харитонов А.А., Ахмедов М.Н. Анализ видов технологий по переработке строительных материалов по показателям углеродного следа // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9. № 4. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50416569

17. Муртазаев С.А.Ю., Бекмурзаева Л.Р., Саламанова М.Ш., Сайдумов М.С., Витаргова Р.С. Пути декарбонизации строительной отрасли как современный вызов для получения низкоуглеродных строительных материалов // Строительные материалы. 2024. № 9. С. 51-57. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=72317034

18. Токарев В.А., Кабалин М.Д., Грищенко М.С., Высоцкая М.А. Рециклинг вторичного сырья для изготовления мелкоштучных бетонных изделий в дорожном строительстве. Обзор // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 6. С. 899-919. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82860698

19. Жолдасов А.Т. Тяжелые бетоны, стойкие к циклическим воздействиям в суровых условиях эксплуатации // Вестник науки. 2024. Т. 4. № 11 (80). С. 1177-1183. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=75108264

20. Лесовик В.С., Дудченко В.А., Сальникова А.С., Казлитина О.В. Композиционные вяжущие с использованием продуктов рециклинга строительных материалов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2026. Т. 23. № 1. С. 102-113. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88988771

21. Разумовская В.Н., Тужилова М.В. Влияние добавок на долговечность бетона: новые исследования и разработки // В сборнике: Дни науки студентов Владимирского государственного университета. 2025. С. 921-926. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82516257

22. Лесовик Г.А., Лесовик Я.Р. Применение отходов бетонных сносов как одно из перспективных направлений геоники // В сборнике: Наукоемкие технологии и инновации (XXVI научные чтения). Белгород, 2025. С. 155-159. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88898600

23. Лейте М.Б. и др. Механические характеристики бетона с вторичными заполнителями при различных значениях водовяжущего отношения // Строительные и отделочные материалы. 2004. Т. 18. С. 397–411. URL: http://ojs3.uefs.br/index.php/sitientibus/article/view/8744

Mechanical concrete properties and durabilities with recycled aggregates

Chaoui Aya, Abu Mahadi Mohammed Ibrahim
People's friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

In Russia every year millions of tons of waste are produced from demolition of buildings and structures in the form of concrete, however their using in new constructions is fixed on a level much lower than in such countries as Germany, the Netherlands and Japan. Tokarev V.A. [18, p. 899-901] In article the results of research, conducted in conditions of climate of Makhachkala, are adduced and on their basis, results are compared with data of world experience. For the purpose of experiment concrete, of the building, subject to a stage of a demolition, was used. It was processed into a crushed material — an aggregate, which on all volume replaced natural an crushed stone. The received mortal in experiments on determination of a press of a concrete were used on the following on volume percentages: 0 %; 25 %; 50 %; 75 % and 100 %. Studies on a press of a concrete were conducted on the 7th, 21st, 28th and on the 90th days. Durability was assessed by open porosity according to GOST 12730.4-2020 The results indicate that the 8% decrease in strength is acceptable, when using up to 25% replacement levels. With a replacement rate above 50%, strength losses exceed 30%. Even by adding LST plasticizer at a level of 1% of the binder, the level of admixture that is permissible within the framework of the rules for concrete with PBA cement, can be raised to 50% of the binder mass. Based on open porosity (13.4–13.9%), concrete made with recycled aggregate can easily withstand a 100-year service life—in dry, wet, and even coastal conditions. These properties are particularly important for the coastal regions of Dagestan.

Keywords: recycled crushed stone, recycled aggregates, compressive strength, porosity, semiarid climate, concrete durability, plasticizer.

References

1. GOST 10180–2012. Concretes. Methods for Determining Strength Using Control Samples. Moscow: Standartinform, 2013. URL: https://nppskmost.ru/files/gost-10180-2012.pdf
2. SP 82-101–98. Preparation and Use of Construction Mortars. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/fc5/4294850874.pdf
3. GOST 12730.4–2020. Concretes. Methods for Determining Porosity Indicators. Moscow: Standartinform, 2020. URL: https://www.nilstroi.ru/upload/documents/14_74493.pdf
4. Bazhenov Yu.M. Concrete Technology. 4th ed. M.: ASV, 2011. URL: https://www.litres.ru/get_pdf_trial/17187374.pdf
5. Vedenikov V.I. Production and use of concrete with effective additives. M.: Stroyizdat, 2008. URL: https://degidrol.ru/assets/avtor-pdf/rukovodstvo_himdobavki-niizhb-1981.pdf
6. R.L. SERIYA. Concrete and reinforced concrete. URL: https://www.booksite.ru/beton/2006/2006_5.pdf
7. GOST R 57349–2016. Concretes. Rules for selecting the composition of concrete mix. M.: Standartinform, 2017. 28 p. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/9cd/4293749114.pdf
8. GOST 31108–2020. General construction cements. Specifications. Moscow: Standartinform, URL: 2021. 32 p. https://rosgosts.ru/file/gost/91/100/gost_31108-2020.pdf
9. Punzel D.O., Korbut E.E., Poddubsky A.V. Use of ceramic broken bricks as a filler for lightweight concrete. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38317903
10. Tuzhilova M.V., Shcheglova P.A., Lisyatnikov M.S., Roshchina S.I. Using Rubber Crumb as a Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88893424
11. Ladik Ya.R., Shaporenko R.A. Possible Materials for Replacing Sand in Concrete. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=80246941
12. Kovokin M.O., Shesterin A.I., Eroshkina N.A., et al. Effect of Recycled Aggregate Based on Concrete Scrap on Concrete Properties. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vtorichnogo-zapolnitelya-na-osnove-betonnogo-loma-na-svoystva-betona
13. Brykov A.S., Chugunova K.O. Crushed Concrete Aggregates in New Structural Concretes. Part I // Cement and its application. 2024. No. 5. pp. 52-57. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=79698231
14. Brykov A.S., Chugunova K.O. Crushed concrete aggregates in new structural concretes. Part II // Cement and its application. 2024. No. 6. pp. 44-51. URL: https://jcement.ru/magazine/vypusk-6-2024/zapolniteli-iz-droblenogo-betona-v-sostave-novykh-konstruktsionnykh-betonov-chast-ii/ / https://elibrary.ru/item.asp?id=80616228
15. Hadzhishalapov G.N., Nazhuev M.P., Isaeva U.I., Salakhov E.A., Abdurakhimov M.Sh., Akhmedov M.N. Study of alternative sources of raw materials for the construction industry. Physicomechanical properties of modified concrete based on recycled crushed stone // Scientific research: results and prospects. 2023. Vol. 4. No. 2. pp. 52-59. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54389704
16. Nazhuev M.P., Poshev A.U.B., Isaeva U.I., Kharitonov A.A., Akhmedov M.N. Analysis of types of technologies for processing building materials based on carbon footprint indicators // Waste and Resources. 2022. Vol. 9. No. 4. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50416569
17. Murtazaev S.A.Yu., Bekmurzaeva L.R., Salamanova M.Sh., Saidumov M.S., Vitargova R.S. Decarbonization paths in the construction industry as a modern challenge for obtaining low-carbon building materials // Construction Materials. 2024. No. 9. pp. 51-57. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=72317034
18. Tokarev V.A., Kabalin M.D., Grishchenko M.S., Vysotskaya M.A. Recycling of secondary raw materials for the manufacture of small-piece concrete products in road construction. Review // Bulletin of MGSU. 2025. Vol. 20. No. 6. Pp. 899-919. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82860698
19. Zholdasov A.T. Heavy concretes resistant to cyclic impacts under severe operating conditions // Bulletin of science. 2024. Vol. 4. No. 11 (80). Pp. 1177-1183. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=75108264
20. Lesovik V.S., Dudchenko V.A., Salnikova A.S., Kazlitina O.V. Composite binders using recycling products of building materials // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. 2026. Vol. 23. No. 1. Pp. 102-113. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88988771
21. Razumovskaya V.N., Tuzhilova M.V. Influence of additives on the durability of concrete: new research and development // In the collection: Days of Science of Students of Vladimir State University. 2025. Pp. 921-926. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82516257
22. Lesovik G.A., Lesovik Ya.R. Use of concrete demolition waste as one of the promising areas of geonics // In the collection: Science-intensive technologies and innovations (XXVI scientific readings). Belgorod, 2025. Pp. 155-159. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88898600

Сравнительный анализ видов фибробетона по типу армирующих волокон в системе архитектурного декора

Шарипов Хамидулла
Учредитель компании, ООО «SUCCESSFUL INDUSTRY», successfulindustryllc@gmail.com

В статье представлен сравнительный анализ основных видов фибробетона, классифицированных по типу армирующих волокон – стеклянных, базальтовых, полимерных и металлических, – применительно к задачам современного архитектурного декора. Рассмотрены технологические, эксплуатационные и эстетические свойства каждого вида материала, а также их влияние на возможности формообразования и долговечность декоративных изделий. Показано, что выбор типа волокна определяется не только конструкционными требованиями, но и художественными задачами оформления фасада, интерьера и малых архитектурных форм. Проведено сопоставление физико-механических и технико-экономических характеристик различных видов фибробетона, выявлены области их рационального применения. Особое внимание уделено стеклофибробетону как материалу, наиболее полно отвечающему требованиям архитектурного декора, и базальтофибробетону как перспективному направлению, сочетающему природное происхождение сырья с высокими прочностными показателями. Сделан вывод о том, что дифференцированный подход к выбору типа волокна обеспечивает оптимальное соотношение прочности, пластичности и художественной выразительности декоративных изделий и способствует расширению палитры архитектурно-выразительных средств современной застройки.

Ключевые слова: фибробетон, стеклофибробетон, базальтофибробетон, сталефибробетон, полимерфибробетон, армирующие волокна, архитектурный декор, сравнительный анализ, композитные материалы.

Введение

Современная архитектура, ориентированная на сочетание выразительности и технологичности, обусловила пересмотр номенклатуры декоративных строительных материалов. Если в XX веке для оформления фасадов и интерьеров традиционно применялись гипс, природный камень и литой бетон, то к началу XXI века их место всё активнее занимают композитные материалы с дисперсным армированием. Фибробетон, армированный короткими волокнами различной природы, к настоящему моменту утвердился как один из наиболее перспективных материалов в системе архитектурного декора [14]. Тем не менее в нормативной и научной литературе термин «фибробетон» нередко используется как обобщающий, без учёта существенных различий между его подвидами, формируемыми типом армирующего волокна.

Между тем именно тип волокна – стеклянное, базальтовое, полимерное или металлическое – определяет ключевые эксплуатационные, технологические и эстетические свойства материала, а следовательно, и область его рационального применения в архитектурно-декоративных целях. Каждый вид фибробетона обладает специфическим сочетанием прочности, плотности, пластичности, химической стойкости, фактурных возможностей и стоимости, что предопределяет дифференцированный подход к проектированию декоративных изделий. Отсутствие систематизированного сравнительного описания этих материалов с учётом задач архитектурного оформления затрудняет осознанный выбор материала на стадии проектирования и не способствует раскрытию художественного потенциала каждого подвида.

Актуальность исследования определяется растущим спросом на индивидуализированные архитектурные решения, в которых декоративная составляющая выполняет функции идентификации здания, эстетического обогащения городской среды и символического выражения культурного контекста. Понимание различий между видами фибробетона позволяет архитектору и проектировщику не только обеспечить требуемые эксплуатационные характеристики, но и точнее управлять художественной выразительностью изделий.

Степень разработанности темы такова, что отдельные виды фибробетона рассмотрены преимущественно в технологическом ключе – с акцентом на состав смесей, физико-механические испытания, расчёт долговечности. Архитектурно-декоративная составляющая описана фрагментарно: упоминается общая совместимость материала с задачами оформления фасадов, однако вопрос о том, каким образом тип армирующего волокна сообщает изделию специфический пластический и фактурный потенциал, остаётся вне фокуса систематического анализа. Тем самым возникает разрыв между технологическими и художественными аспектами проектирования, заполнить который призван настоящий сравнительный обзор.

Цель статьи – провести сравнительный анализ основных видов фибробетона, классифицированных по типу армирующих волокон, и выявить особенности их применения в системе современного архитектурного декора.

Задачи исследования: охарактеризовать механизм и принципы дисперсного армирования бетона; провести сравнение основных видов фибробетона по физико-механическим и технологическим параметрам; сопоставить технико-экономические характеристики и эстетические возможности изделий; определить рациональные области применения каждого вида фибробетона в архитектурном декоре.

Методология обзора

Источниковая база сформирована методом тематического поиска по русскоязычным научно-техническим публикациям 2021–2025 годов, индексируемым в РИНЦ, по ключевым словам «фибробетон», «стеклофибробетон», «базальтофибробетон», «полимерфибробетон», «сталефибробетон», «архитектурный декор». Параметры сравнения в Таблицах 1 и 2 отобраны как минимально достаточные для проектного выбора материала: механические (плотность, прочность на растяжение при изгибе), технологические (минимальная толщина стенки, сложность производства), эксплуатационные (морозостойкость, срок службы) и экономико-эстетические (относительная стоимость, эстетический потенциал, ведущая область применения). При расхождении данных между источниками приводился наиболее распространённый в литературе диапазон. Новизна работы по отношению к сравнительным обзорам [5; 12] состоит в систематическом учёте архитектурно-декоративной функции изделий

и связи между типом армирующего волокна и художественно-пластическим потенциалом фибробетона.

Дисперсное армирование бетона: принципы и классификация волокон

Дисперсное армирование представляет собой технологический приём, при котором в бетонную смесь равномерно распределяются короткие волокна, формирующие пространственный микрокаркас и принимающие на себя растягивающие напряжения [6]. В отличие от стержневой арматуры, ориентированной на восприятие усилий в определённых направлениях, фиброволокна работают изотропно и существенно повышают трещиностойкость, ударную вязкость и сопротивление усадочным деформациям [12]. Тем самым фибробетон сохраняет преимущества цементной матрицы – пластичность в свежем состоянии, формуемость, доступность сырья, – одновременно приобретая повышенные эксплуатационные характеристики.

Согласно классическим обзорам, фибробетоны классифицируются по нескольким признакам: по материалу волокна, по геометрии волокна (прямые, гофрированные, с анкерующими концами), по соотношению длины и диаметра, по способу введения и распределения в смеси [12]. Для задач архитектурного декора наиболее значимым признаком оказывается материал волокна, поскольку именно он определяет химическую стойкость в щелочной среде цементного камня, удельный вес изделия, диапазон допустимых толщин стенки, цветовые и фактурные возможности поверхности.

Современная номенклатура выделяет четыре основных типа волокон, применяемых в декоративных и архитектурных целях: стеклянные (чаще всего щёлочестойкие, с содержанием диоксида циркония), базальтовые (полученные из расплава вулканических пород), синтетические полимерные (полипропиленовые, полиакрилонитриловые, полиамидные) и металлические (стальные различного профиля) [3; 11]. Каждый из этих типов формирует самостоятельную ветвь развития фибробетонной отрасли, со своими нормативными требованиями, технологическими решениями и архитектурными традициями применения. Дополнительно отдельные исследователи рассматривают гибридные системы, в которых сочетаются волокна разной природы для достижения комплекса свойств, однако в декоративной практике такие решения пока распространены ограниченно.

В современной литературе обсуждаются также углеродные, арамидные, целлюлозные и льняные волокна, а также гибридные системы. Они либо ориентированы на узкие конструкционные приложения (углеродные — для высоконагруженных элементов, арамидные — для сейсмостойких конструкций), либо находятся на стадии экспериментального применения (растительные волокна для биокомпозитов). В системе массового архитектурного декора, на которой сфокусирован настоящий обзор, доминируют именно четыре вышеназванных типа волокон, обеспечивающих сочетание промышленной серийности, нормативной обеспеченности и устоявшейся технологической практики, поэтому дальнейший анализ ограничен ими.

Существенно, что дисперсное армирование позволяет уменьшать толщину сечения декоративных изделий, поскольку нагрузки, на которые обычно рассчитывался массивный армокаркас, перераспределяются между миллионами равномерно ориентированных волокон. Это даёт возможность изготавливать тонкостенные фасадные панели, сложные орнаментальные элементы, имитации лепнины и даже крупноразмерные скульптурные формы при существенно меньшем весе по сравнению с традиционным бетоном или природным камнем [8].

Эффективность дисперсного армирования определяется не только материалом волокна, но и его геометрическими параметрами, прежде всего соотношением длины к диаметру (l/d). Высокое значение l/d (типично 100–300 для стеклянных и базальтовых волокон, 30–100 для стальных) увеличивает площадь контакта волокна с цементной матрицей и, как следствие, силу выдёргивания, что повышает работу разрушения изделия и удлиняет нисходящую ветвь диаграммы деформирования [6]. Однако чрезмерно тонкие и длинные волокна склонны к сгущению («ежеванию») в смеси, что ухудшает однородность распределения и снижает декоративные качества поверхности. Поэтому для каждого вида волокна экспериментально подбирается оптимальный диапазон геометрических характеристик, обеспечивающий компромисс между прочностными показателями и технологичностью укладки смеси. Не менее важна совместимость волокна с щёлочной средой цементного камня: стеклянные и металлические волокна без специальной обработки склонны к деградации, тогда как полипропиленовые и базальтовые проявляют большую стабильность во времени [10; 11].

Сравнительная характеристика основных видов фибробетона

Подробное сопоставление видов фибробетона по типу армирующих волокон требует одновременного учёта прочностных, технологических и эстетических параметров. В таблице 1 систематизированы основные характеристики четырёх ключевых видов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика видов фибробетона по типу армирующих волокон (составлено по [3; 5; 11; 12])

Параметр	Стеклофибробетон	Базальтофибробетон	Полимерфибробетон	Сталефибробетон
Материал волокна	Щёлочестойкое стекло (AR-стекло)	Базальтовое волокно (расплав горных пород)	Полипропилен, полиамид, полиакрилонитрил	Низкоуглеродистая или нержавеющая сталь
Средняя плотность изделий, кг/м³	1800–2100	1900–2200	1700–2000	2200–2400
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	18–30	15–28	6–12 (PP); до 15–20 для ПАН и полиамидных волокон	20–40
Минимальная толщина стенки, мм	8–15	10–20	15–30	30–50
Химическая стойкость в щелочной среде	Высокая (при AR-стекле)	Высокая	Высокая	Требуется защита от коррозии
Эстетический потенциал	Очень высокий: тонкая моделировка, имитация камня	Высокий: природные фактуры	Средний: преимущественно гладкие поверхности	Ограниченный для лицевого декора
Ведущая область декоративного применения	Фасадные панели, лепнина, малые формы	Фасады, наружные элементы, малые формы	Интерьер, элементы со скрытой работой	Несущие декоративные элементы, городская скульптура

Стеклофибробетон занимает в этой номенклатуре особое положение. Армирование щёлочестойкими стеклянными волокнами (AR-стекло) обеспечивает сочетание высокой прочности на растяжение при изгибе с возможностью отливать тонкостенные изделия со сложным рельефом и тонкой моделировкой деталей [3]. Благодаря низкой плотности по сравнению со стальным армированием стеклофибробетонные панели легче монтировать на навесных фасадных системах, что снижает нагрузку на несущие конструкции. Эти качества делают стеклофибробетон фактически отраслевым стандартом для современной фасадной декорации, реставрации лепных деталей и серийного производства архитектурных орнаментов. Технология напыления стеклофибробетонной смеси на формы (spray-up) с типичным содержанием AR-стекла 5–6 % по массе позволяет получать оболочечные изделия толщиной 8–15 мм с высокой точностью геометрии, что особенно ценно при тиражировании архитектурных профилей и крупных карнизных конструкций [12].

Базальтофибробетон – развивающееся направление, опирающееся на сырьевую базу из природных вулканических пород [5]. Базальтовое волокно по прочности сопоставимо со щёлочестойким стеклом, при этом обладает повышенной термостойкостью (длительная эксплуатационная температура 600–700 °C, кратковременная пиковая — до 800 °C) и устойчивостью к агрессивным средам [5; 10]. Для архитектурного декора привлекательны его природный коричневато-серый оттенок и совместимость с минеральными пигментами – это обеспечивает «природные» фактуры, востребованные в эколого-ориентированной архитектуре. По мере удешевления производства волокна базальтофибробетон рассматривается как стратегическая альтернатива стеклофибробетону, особенно в климатических зонах с резкими температурными перепадами [10]. В исследовательских работах, посвящённых сравнению фибробетонов, отмечается, что базальтовые волокна обеспечивают повышенную долговечность фасадных изделий в условиях циклического замораживания-оттаивания и более стабильное удерживание прочностных характеристик при длительной эксплуатации [5; 11].

Полимерфибробетон, прежде всего полипропиленовый, отличается простотой ввода волокна в смесь и сравнительно невысокой стоимостью [13]. Полипропиленовые фибры обеспечивают высокую устойчивость к ударным нагрузкам, минимизируют пластическую усадку и повышают долговечность изделий в условиях циклического замораживания. Однако прочностные показатели полимерфибробетона ниже, чем у стекло- и базальтофибробетона, а возможности тонкой моделировки рельефа ограничены. В архитектурном декоре полимерное волокно чаще всего применяется как вспомогательное – в составе изделий, испытывающих ударные и климатические воздействия, либо в интерьерных композициях, где приоритетна экономичность.

Сталефибробетон традиционно ассоциируется с конструкционными приложениями – промышленными полами, дорожными покрытиями, гидротехническими сооружениями. Тем не менее в современной архитектуре сталефибровое армирование находит место и в декоративной сфере: при изготовлении крупных скульптурных форм, монументальных элементов городского благоустройства, фасадных деталей, испытывающих значительные растягивающие усилия [8]. Сталефибробетон обеспечивает максимальные прочностные показатели среди всех рассмотренных видов, однако высокая плотность, риск коррозии волокон вблизи лицевой поверхности и ограниченные возможности тонкой моделировки заметно сужают его декоративный потенциал. Он применим преимущественно в изделиях, где силовая функция важнее тонкой пластики, например в опорах ограждений, элементах паркового благоустройства, ландшафтной скульптуре крупного масштаба. Для защиты от коррозии стальных волокон у лицевой поверхности применяются специальные приёмы – повышенное защитное покрытие, использование оцинкованной или нержавеющей фибры, либо комбинированное армирование, при котором лицевой слой выполняется из стекло- или базальтофибробетона, а сердцевина – из сталефибробетона [11]. Такие гибридные решения частично снимают противоречие между конструкционной и декоративной функциями материала.

Технико-экономические характеристики и области применения

Выбор вида фибробетона для конкретного декоративного изделия не сводится к сравнению прочностных параметров: он определяется балансом стоимости сырья, технологичности производства, эксплуатационных характеристик и эстетических задач. В таблице 2 представлены обобщённые технико-экономические и эксплуатационные характеристики четырёх основных видов, отражающие специфику их применения в архитектурном декоре.

Таблица 2

Технико-экономические и эксплуатационные характеристики видов фибробетона (составлено по [3; 5; 8; 10; 11; 13])

Характеристика	Стеклофибробетон	Базальтофибробетон	Полимерфибробетон	Сталефибробетон
Относительная стоимость 1 м² фасадной панели (СФБ = 100 %)	100	95–110	70–85	110–140
Расчётный срок службы, лет	30–70 (по литературным данным и заявлениям производителей)	50–70	30–50	40–60 (зависит от защиты от коррозии)
Морозостойкость, циклов	200–300	250–400	150–200	200–300
Удельный вес фасадной панели единичной площади (отн. ед.)	0,75	0,80	0,70	1,00
Сложность производственного цикла	Средняя (требует напыления или вибролитья)	Средняя	Низкая	Высокая (армирование + защита)
Возможность серийного выпуска декоративных элементов	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Преимущественная область применения	Фасады, лепной декор, интерьер	Фасады, экологичная архитектура, малые формы	Интерьер, элементы благоустройства	Монументальный декор, опорные элементы

Сопоставление показывает, что стеклофибробетон демонстрирует наиболее сбалансированное сочетание прочностных, эстетических и экономических параметров для типичных задач архитектурного декора, чем во многом и объясняется его доминирование на современном рынке фасадных и интерьерных композитов. При этом базальтофибробетон постепенно сокращает разрыв в стоимости и в ряде случаев превосходит стеклофибробетон по морозостойкости и устойчивости к ультрафиолету [10]. Полимерфибробетон занимает нишу экономичных решений и изделий, где приоритетны лёгкость и стойкость к ударным нагрузкам [13]. Сталефибробетон сохраняет роль материала для крупных архитектурных форм, где силовые характеристики становятся определяющими [8].

С позиции реставрационной практики стеклофибробетон оказывается наиболее адекватным материалом для воссоздания утраченных лепных деталей в исторической застройке, в том числе на объектах культурного наследия в крупных исторических центрах России (Москва, Санкт-Петербург, Казань), где требуется тонкая моделировка карнизов, наличников и сандриков при сниженной нагрузке на исторические несущие конструкции [2; 14]. Базальтофибробетон находит применение в новом строительстве и в проектах, ориентированных на экологическую устойчивость, поскольку базальтовое волокно имеет природное минеральное происхождение, что часто интерпретируется как преимущество в рамках концепции «зелёного» строительства; вместе с тем углеродный след производства самого волокна (требующего плавления породы при ≈ 1450 °C) оценивается отдельно и не сводится к экологичности сырья [5; 10]. Полимер- и сталефибробетоны выступают как специализированные материалы для решения частных задач – соответственно для облегчения интерьерных конструкций и для крупномасштабных декоративных форм.

С точки зрения логистики и серийности производства различия между видами также существенны. Стеклофибробетонные элементы массово выпускаются крупными производственными линиями, что обеспечивает стабильную геометрию, повторяемость рельефа и сравнительно короткий срок поставки даже при значительном объёме заказа. Базальтофибробетонные изделия пока производятся меньшим числом специализированных предприятий, что повышает индивидуальную стоимость и удлиняет сроки изготовления, но одновременно даёт возможность авторской работы над фактурой. Полимерфибробетон удобен для собственного производства проектными организациями и предприятиями отделочной промышленности – минимальная инфраструктура и низкая стоимость волокон позволяют выпускать декоративные изделия малыми сериями. Сталефибробетон, напротив, требует развитой производственной базы и контроля коррозионной защиты, поэтому он редко изготавливается «на месте» и обычно применяется в условиях заводского изготовления крупных монолитных или сборных изделий.

Эстетико-функциональные возможности фибробетона разных видов

Помимо технических параметров, выбор вида фибробетона существенно влияет на художественно-пластический результат. Декоративная функция архитектурных изделий тесно связана с фактурой, цветовой палитрой, тонкостью рельефа и характером поверхности [4; 9]. Стеклофибробетон в этом отношении обладает наиболее широким диапазоном возможностей: тонкие волокна не препятствуют чёткому копированию матричных рельефов, что позволяет точно воспроизводить классические орнаменты, барочную лепнину, ренессансные пилястры и одновременно создавать минималистичные гладкие плоскости в духе хай-тека. Поверхность может полироваться, шлифоваться, окрашиваться в массе или подвергаться кислотной обработке для обнажения заполнителя, что обеспечивает имитацию различных видов природного камня [7].

Базальтофибробетон предоставляет несколько иную эстетическую палитру. Природный оттенок базальтового волокна и совместимость с минеральными пигментами создают характерные «земляные» цветовые решения – от тёплых охр до серо-коричневых тонов. Такая палитра гармонично сочетается с современной архитектурой, обращённой к традициям регионального строительства и природным мотивам [9]. Базальтофибробетонные изделия особенно уместны в проектах, где декор отсылает к каменному зодчеству, к мотивам брутализма или к экологически ориентированным концепциям.

Полимерфибробетон при умеренной прочности предоставляет ограниченные возможности тонкой моделировки, однако благодаря лёгкости и устойчивости к ударам он широко применяется в декоре зданий и оформлении малых архитектурных форм: декоративные стеновые панели, акустические решения с фактурными поверхностями, декоративные элементы общественных пространств [7]. В большинстве случаев изделия из полимерфибробетона рассчитаны на восприятие с близкого расстояния, поэтому акцент смещается с детализации рельефа на качество поверхности и цветовое решение.

Сталефибробетон с эстетической точки зрения наименее декоративен в традиционном понимании, но при этом обладает собственным художественным потенциалом. Его прочность и долговечность позволяют создавать крупномасштабные пространственные композиции [1], а также малые архитектурные формы парковой среды, элементы городской скульптуры, ландшафтные ограждения и подпорные стенки с выразительной геометрией [8]. В сочетании с правильной поверхностной обработкой и применением декоративных бетонных смесей сталефибробетон может выступать материалом монументальной городской пластики, обладающей самостоятельной визуальной ценностью.

Принципиально важно, что выбор вида фибробетона может рассматриваться как часть архитектурного замысла. Конкретный тип армирующего волокна задаёт не только эксплуатационные возможности изделия, но и его визуальный язык: тонкие тиражируемые орнаменты стеклофибробетона ассоциируются с реставрацией и неоклассикой, природные

фактуры базальтофибробетона – с региональной и устойчивой архитектурой, лёгкие интерьерные панели полимерфибробетона – с экономичной офисной средой, а массивные пластические объёмы сталефибробетона – с монументальностью и публичной репрезентативностью.

Таким образом, материал в системе архитектурного декора начинает выполнять не только утилитарную, но и семиотическую функцию. Каждый вид фибробетона несёт определённую культурную коннотацию, формируемую совокупным восприятием его пластических, цветовых и фактурных характеристик [9]. Это позволяет рассматривать классификацию фибробетонов по типу армирующих волокон не как чисто техническую процедуру, а как часть проектного словаря, в рамках которого архитектор сознательно выбирает средства художественной выразительности.

Перспективы и выводы

Развитие отрасли фибробетонных изделий в последние годы идёт по нескольким параллельным направлениям. Во-первых, расширяется ассортимент щёлочестойких стеклянных и базальтовых волокон, что повышает долговечность декоративных изделий в агрессивных климатических условиях [10]. Во-вторых, активно внедряются цифровые технологии проектирования и формования: параметрическое моделирование, изготовление матриц на основе 3D-печати, аддитивное производство фибробетонных элементов, открывающее новые возможности для уникальных архитектурных решений [14]. В-третьих, фибробетон встраивается в концепции устойчивого строительства – через использование вторичных заполнителей, частичное замещение цемента минеральными добавками и снижение удельного расхода материала за счёт тонкостенных решений [10; 14].

Сравнительный анализ позволяет сделать ряд обобщений. Стеклофибробетон утвердился как наиболее универсальный материал современного архитектурного декора, обеспечивающий оптимальный баланс прочности, тонкости моделировки и стоимости. Базальтофибробетон представляет собой стратегически перспективное направление, особенно в проектах, ориентированных на природные фактуры, климатическую устойчивость и принципы «зелёной» архитектуры. Полимерфибробетон занимает нишу экономичных интерьерных решений и изделий, испытывающих ударные нагрузки. Сталефибробетон, при ограниченных возможностях тонкой пластики, остаётся незаменимым в крупных монументальных и пространственных формах.

Таким образом, дифференцированный подход к выбору вида фибробетона в зависимости от типа армирующего волокна обеспечивает осознанное соответствие материала задачам архитектурного оформления. Понимание особенностей каждого подвида превращает фибробетон из обобщённого технического термина в полноценный инструмент проектного мышления, расширяющий выразительные возможности современной архитектуры и формирующий новую культуру работы с декоративным композитом. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой региональных рекомендаций по выбору вида фибробетона с учётом климата и архитектурной традиции, а также с углублённым изучением гибридных систем армирования, способных объединять достоинства различных типов волокон в едином декоративном изделии.

Следует учитывать ограничения настоящего обзора. Эстетические категории («пластическая выразительность», «культурная коннотация», «семиотическая функция») введены в обзорном жанре и не операционализированы в виде измеримых показателей; их операционализация — отдельная задача искусствоведческого исследования. Кроме того, оценки относительной стоимости и сроков службы носят ориентировочный характер и подлежат уточнению при привязке к конкретному производителю и климатической зоне эксплуатации. Сертификация фибробетонных изделий в системах LEED, BREEAM и GREEN ZOOM (Россия) выступает дополнительным фактором при выборе материала в проектах, ориентированных на устойчивое строительство.

Литература

1. Базилевич Е.М. Эскиз монументально-декоративной (декоративно-цветовой) композиции / Е. М. Базилевич. - Хабаровск : Издательство ТОГУ, 2025. - 151 с.
2. Бойченко И.А. Декорирование современных изделий на основе исторического прототипа : учебное пособие / И. А. Бойченко, Н. В. Бекк. - Новосибирск : НГУАДИ, 2024. - 63 с.
3. Губанова А.А., Оруджева А.Э., Аляжетдинова И.Р. Проблема фибробетонов в современном строительстве // Студенческий вестник. - 2023. - № 43-8 (282). - С. 24-26.
4. Долгов А.В. Архитектурный декор в системе ординации фасада // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2021. - № 4 (51). - С. 48-54.
5. Дунаенко А.В., Галутва О.Ю., Идрисова А.А., Гашимов А.М. Сравнительная характеристика фибробетонов // Перспективные исследования в технических и естественных науках : сборник статей XXII международной научной конференции. - Санкт-Петербург, 2025. - С. 37-40.
6. Захаров А.А., Руднов В.С. Особенности проектирования структуры фибробетона как композиционного материала // EurasiaScience : сборник статей LXV международной научно-практической конференции. - Москва, 2024. - С. 52-54.
7. Иванова М.С., Коробчук М.В. Современные композиционные материалы в малых архитектурных формах и декоре зданий // Современное строительство и архитектура. - 2023. - № 8 (39). - С. 14-19.
8. Карманщиков И.Ю. Преимущества применения фибробетона в моностроении // Молодой ученый. - 2024. - № 21 (520). - С. 106-107.
9. Кияйкина М.Ю. Некоторые особенности культурного кода территорий в контексте развития архитектурного декора // Искусство и власть : материалы Международной научно-практической конференции. - Саратов, 2023. - С. 121-128.
10. Лу Ш. Современное состояние и перспективы исследования долговечности фибробетона // Тенденции развития науки и образования. - 2025. - № 117-2. - С. 131-134.
11. Магеррамова И.А., Магеррамов Р.А., Белоусов Д.А. Исследование фибробетона и его состава для строительства ГРЭС // Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. - Балаково, 2024. - С. 358-365.
12. Сердюченко В.М. Фибробетон. Его виды и свойства // Наукосфера. - 2021. - № 7-1. - С. 199-201.
13. Тищенко А.Е. Целесообразность использования фибробетона в строительстве // Образование. Наука. Производство : сборник докладов XV Международного молодежного форума. - Белгород, 2023. - С. 120-123.
14. Шарипов. Фибробетонные изделия в системе современного архитектурного декора // Инновации и инвестиции. - 2025. - № 11. - С. 649-651.

Comparative Analysis of Fiber Concrete Types by Reinforcing Fiber Composition in Architectural Decoration

Sharipov Kh.
LLC "SUCCESSFUL INDUSTRY"

JEL classification: L61, L74, R53

The article presents a comparative analysis of the main types of fiber-reinforced concrete classified by reinforcing fiber composition – glass, basalt, polymer, and steel – in the context of contemporary architectural decoration. The study examines the technological, performance, and aesthetic properties of each material and assesses how the choice of fiber affects shaping capabilities and durability of decorative products. It is shown that the selection of fiber type is determined not only by structural requirements, but also by artistic considerations of façade design, interior decoration, and small architectural forms. The paper compares the physico-mechanical and technical-economic characteristics of different fiber concrete types and identifies the areas of their rational application. Particular attention is paid to glass fiber-reinforced concrete (GFRC) as the material that most fully meets the demands of architectural decoration, and to basalt fiber-reinforced concrete as a promising direction combining the natural origin of raw materials with high mechanical performance. It is concluded that a differentiated approach to fiber selection ensures an optimal balance between strength, plasticity, and artistic expressiveness of decorative products, expanding the palette of architectural and aesthetic means in modern construction.

Keywords: fiber concrete, glass fiber-reinforced concrete, basalt fiber-reinforced concrete, steel fiber concrete, polymer fiber concrete, reinforcing fibers, architectural decoration, comparative analysis, composite materials.

References

1. Bazilevich E.M. Eskiz monumental'no-dekorativnoy (dekorativno-tsvetovoy) kompozitsii [A sketch of a monumental and decorative (decorative-color) composition]. Khabarovsk, TOGU Publ., 2025. 151 p. (In Russ.)
2. Boychenko I.A., Bekk N.V. Dekorirovanie sovremennykh izdeliy na osnove istoricheskogo prototipa: uchebnoe posobie [Decoration of modern products on the basis of a historical prototype: a study guide]. Novosibirsk, NGUADI Publ., 2024. 63 p. (In Russ.)
3. Gubanova A.A., Orudzheva A.E., Alyazhetdinova I.R. Problema fibrobetonov v sovremennom stroitel'stve [The problem of fiber-reinforced concrete in modern construction]. Studencheskiy vestnik, 2023, no. 43-8 (282), pp. 24-26. (In Russ.)
4. Dolgov A.V. Arkhitekturnyy dekor v sisteme ordinatsii fasada [Architectural decor in the system of facade ordination]. Akademicheskiy vestnik UralNIIproekt RAASN, 2021, no. 4 (51), pp. 48-54. (In Russ.)
5. Dunaenko A.V., Galutva O.Yu., Idrisova A.A., Gashimov A.M. Sravnitel'naya kharakteristika fibrobetonov [Comparative characteristics of fiber-reinforced concretes]. Perspektivnye issledovaniya v tekhnicheskikh i estestvennykh naukakh: sbornik statey XXII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Promising research in technical and natural sciences: collection of articles of the 22nd international scientific conference]. St. Petersburg, 2025, pp. 37-40. (In Russ.)
6. Zakharov A.A., Rudnov V.S. Osobennosti proektirovaniya struktury fibrobetona kak kompozitsionnogo materiala [Features of designing the structure of fiber-reinforced concrete as a composite material]. EurasiaScience: sbornik statey LXV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [EurasiaScience: collection of articles of the 65th international scientific and practical conference]. Moscow, 2024, pp. 52-54. (In Russ.)

Применение UML-моделирования для структурирования процессов строительного контроля

Шахраманьян Андрей Михайлович
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры испытания сооружений, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), andreyshakramanyan@gmail.com,

Филиппов Антон Андреевич
магистрант, кафедра испытания сооружений, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), antofilippov3211@gmail.com

В статье рассмотрена проблема формализации строительного контроля в условиях цифровизации строительной деятельности. Нормативные документы задают обязательные требования к контролю качества работ, материалов, изделий и конструкций, однако сами требования в основном имеют текстовую форму и не образуют готовой процессной и информационной модели. Из-за этого при переносе процедур строительного контроля в цифровую среду возникают неоднозначности: не всегда ясно, какие объекты должны быть связаны между собой, какова кратность этих связей, кто участвует в проверке и каким образом фиксируются результаты. Цель статьи состоит в обосновании применения UML-моделирования для структурирования процессов строительного контроля на примерах входного контроля материалов. Анализ выполнен на типовых ситуациях, связанных с отношениями "партия материала — проверка"; "проверка — дефекты"; "проверка — акт" и распределением ролей участников контроля. Показано, что UML позволяет формализовать состав сущностей, связи между ними, кратность отношений, документы и роли участников. Практическая значимость результатов связана с возможностью использовать такие модели как основу для проектирования информационных систем строительного контроля.
Ключевые слова: цифровизация, BIM, процессный подход, строительный контроль, UML, формализация.

1. Введение

Цифровизация строительного контроля связана с переходом от бумажной фиксации результатов к структурированному учету данных о проверках, материалах, документах и выявленных несоответствиях. На объектах используют электронные журналы, реестры документов, системы фиксации замечаний. Однако сам контроль по-прежнему часто строится на локальной практике организации и на том, как конкретный специалист понимает требования нормативных документов. Поэтому один и тот же процесс на разных объектах может быть устроен по-разному, хотя нормативная база формально одинакова [1, 2]. Особенно ясно это видно на входном контроле материалов. Нормативные документы требуют проверять поступающую продукцию, анализировать сопроводительные документы и фиксировать результаты. Но как только возникает попытка представить эту процедуру в виде цифровой модели, сразу появляются вопросы. Что считать единицей процесса: поставку, партию, отдельную проверку, запись в журнале или итоговый документ? Для обычной бумажной практики такие разрывы часто закрываются рабочим опытом. Для цифровой системы этого недостаточно, потому что ей нужны заранее заданные сущности и связи.

Проблема исследования состоит в том, что своды правил задают общие требования к выполнению строительного контроля, но не дают формального описания самого процесса. В них закреплена обязанность проводить входной контроль и оформлять его результаты, однако не определены однозначные связи между поставкой, партией материала, процедурой проверки, записью в журнале и итоговым документом. Поэтому участники строительства и разработчики цифровых систем фактически достраивают эту схему самостоятельно [3]. Гипотеза исследования заключается в том, что отсутствие формализации создает неоднозначность в трактовке процедур и затрудняет цифровизацию строительного контроля. Пока процесс описан только в общем виде, каждая организация вынуждена вырабатывать собственную логику учета. Где-то одну поставку оформляют одной проверкой, где-то делят ее на несколько записей, а где-то объединяют результаты нескольких поступлений в один документ. Для бумажного учета это допустимо, но для цифровой среды такая разница уже становится проблемой. Особенно показателен входной контроль строительных материалов. Согласно СП 543.1325800.2024, лицо, осуществляющее строительство, при входном контроле проверяет соответствие показателей качества требованиям проектной и рабочей документации, договора подряда и документов по стандартизации. При этом проверяются наличие и содержание сопроводительных документов изготовителя, а результаты должны регистрироваться в журнале входного контроля [1]. Также СП указывает, что в процессе входного контроля выполняются проверка документов, визуальный осмотр продукции, а при необходимости — контрольные измерения и испытания [1]. Однако данные положения не задают формальную модель процесса входного контроля. В нормативном тексте указано, что именно должно быть проверено и где должен быть зафиксирован результат, но не раскрыта структура связей между основными объектами процесса. Например, из требований СП не следует однозначно, как соотносятся между собой партия материала, поставка, проверка, акт, протокол испытаний и запись в журнале. На практике это приводит к различным вариантам трактовки: одна партия материала может рассматриваться как объект одной проверки, нескольких проверок или как часть более крупной поставки; одна поставка может включать несколько материалов, а один и тот же материал может поступать разными партиями в разные даты. При этом СП 543 требует документировать результаты входного контроля в журналах входного контроля и протоколах испытаний, но не устанавливает, является ли одна запись в журнале отражением одной проверки, одной партии, одной поставки или одного вида материала [1]. Неоднозначность усиливается при анализе формы журнала входного контроля. В приложении Г СП 543 приведена типовая форма журнала,

где предусмотрены графы: дата доставки, наименование материалов, изделий, конструкций и оборудования, количество, поставщик, документ изготовителя, результат проверки сопроводительных документов и визуального осмотра, решение о необходимости инструментального контроля, результат инструментального контроля и подписи ответственных лиц [1]. Такая форма удобна для документирования результата, но она не описывает процессную логику: должна ли каждая строка журнала соответствовать отдельной партии, отдельной поставке, отдельной проверке или отдельному материалу. Следовательно, при переносе

такой формы в цифровую систему возникает риск простого копирования бумажного журнала без построения полноценной информационной модели контроля. В качестве инструмента устранения указанной неоднозначности предложен способ формализации входного контроля материалов через UMLмодель.

2. Материалы и методы исследования

Unified Modeling Language представляет собой универсальный язык моделирования. UML дает возможность создавать диаграммы, позволяющие формализовать различные аспекты строительного контроля. Использование UML позволяет описывать как процессы строительного контроля, так и структуру данных, связанных с объектами контроля и результатами проверок. Материалом исследования выступают требования, относящиеся к входному контролю в строительстве. В таких требованиях обычно присутствуют несколько групп элементов: объекты контроля, контрольные действия, документы, участники и результаты. К объектам относятся материалы, изделия, конструкции, оборудование, поставки и партии. К действиям относятся проверка сопроводительной документации, визуальный контроль, измерительный контроль, инструментальный контроль, оформление результатов и принятие решения о допуске. К документам относятся документы о качестве, паспорта, сертификаты, протоколы испытаний, акты и записи в журнале входного контроля. К участникам относятся поставщик, представитель подрядной организации, инженер строительного контроля, лаборатория и технический заказчик. Текстовая форма требований фиксирует сам факт необходимости проверки, но не всегда раскрывает, как именно эти элементы связаны между собой. Например, из текста может следовать, что материалы подлежат входному контролю, но для цифровой модели нужно определить более точную структуру: материал относится к партии, партия поступает в составе поставки, проверка проводится по конкретному объекту контроля, результат фиксируется в записи журнала, а при наличии отклонений могут оформляться дополнительные документы. Без такого уточнения невозможно построить устойчивую базу данных и задать корректную ло-

гику работы информационной системы. Критериями анализа в статье приняты: наличие связи между объектами, вид связи, кратность отношения, роль участника, документальное оформление результата и однозначность трактовки. Под наличием связи понимается возможность установить, какие сущности должны быть связаны в модели. Вид связи показывает, является ли отношение ассоциацией, агрегацией, композицией или отношением многие-ко-многим. Кратность указывает, сколько объектов одного класса может соответствовать объекту другого класса: 1, 0..1, 0..*, 1..*. Роль участника определяет не только факт участия, но и функцию в конкретной проверке. Однозначность трактовки оценивается по тому, может ли требование быть реализовано в цифровой системе без дополнительных предположений. Допустим, на объект поступила одна партия от поставщика. В накладной указаны три позиции: арматура А500С, фанера и гидроизоляционный материал. Если принять схему «1 поставка → 1 проверка», система зафиксирует один общий результат входного контроля. Такая модель не позволит отдельно показать, что арматура допущена, фанера требует уточнения по паспорту качества, а гидроизоляционный материал направлен на дополнительные испытания. UML позволяет представить поставку как составной объект.

3. Результаты исследования

Первый пример связан с отношением «Партия материала — проверка». В требованиях входного контроля исходным объектом выступает материал, поступивший на строительную площадку для последующего применения. Смысловой фрагмент требования можно представить следующим образом: поступающие материалы должны быть проверены до их использования в строительном производстве. В этом фрагменте присутствуют объект контроля — материал, действие — проверка, а также результат — решение о возможности применения. Неоднозначность состоит в том, что текстовое требование не раскрывает кратность связи между материалом и проверкой. Один материал может пройти одну комплексную проверку, включающую проверку документов, визуальный осмотр и измерительный контроль. В другой ситуации один и тот же материал проходит несколько проверок: первичную проверку документов, дополнительную лабораторную проверку и повторную проверку после устранения замечаний. Для цифровой системы эти варианты принципиально различны. В первом случае достаточно связи 1:1, во втором требуется отношение 1..* между материалом и проверками.

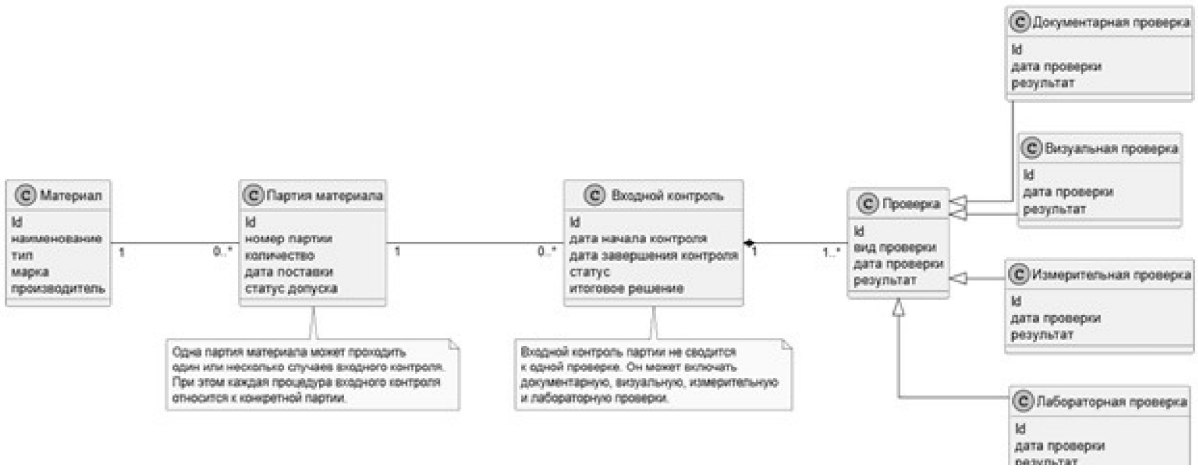


Рис. 1: Фрагмент модели входного контроля партии материала

UML-модель на рис. 1 позволяет уточнить связь между материалом, партией материала и контрольной процедурой. В данной модели материал не рассматривается как изолированный объект проверки. Он включается в состав партии материала, которая поступает на строительную площадку и становится объектом входного контроля. Поэтому проверка связывается не с абстрактным материалом вообще, а с конкретной партией материала, имеющей номер партии, количество и дату поступления. Такая структура позволяет избежать неопределенности, при которой один и тот же материал может учитываться без привязки к конкретному поступлению. Следовательно, в цифровой модели проверка должна быть связана не с обобщенным видом материала, а с конкретной партией материала, поскольку именно партия имеет номер, дату поступления, количество и комплект сопроводительных документов. Второй пример связан с отношением «проверка — дефекты». При входном контроле могут быть выявлены несоответствия, связанные с отсутствием документов, повреждением упаковки, несоответствием маркировки, отклонением геометрических параметров или отрицательным результатом лабораторных испытаний. Смысловой фрагмент требования можно сформулировать так: по результатам контроля фиксируются выявленные несоответствия и принимается решение о возможности применения материалов. Неоднозначность состоит в том, что наличие проверки не означает обязательного наличия дефекта. Проверка может завершиться без замечаний, с одним замечанием или с несколькими несоответствиями разного характера. Для цифровой модели важно отделить факт выполнения проверки от факта выявления дефекта. Если связать проверку и дефект как обязательное отношение 1:1, система будет требовать создать дефект даже при положительном результате контроля. Если дефекты не выделить в отдельную сущность, будет невозможно анализировать причины отклонений, повторяемость нарушений и связь дефектов с поставщиками или видами материалов. В UML данная ситуация описывается связью между классами «Проверка» и «Дефект» с кратностью 0..* со стороны дефекта. Это означает, что одна проверка может не выявить ни одного дефекта, может выявить один дефект или несколько дефектов. Каждый дефект при этом должен быть связан с конкретной проверкой, по-

скольку без такой связи невозможно установить основание его регистрации. Такая модель позволяет цифровой системе отдельно хранить положительные результаты контроля и сведения о несоответствиях. Третий пример относится к связи «проверка — акт». Результаты входного контроля подлежат документированию. В практике строительного контроля результат может фиксироваться записью в журнале входного контроля, актом, протоколом испытаний или комплектом документов. Смысловой фрагмент требования можно представить так: результаты входного контроля оформляются установленным способом и используются для принятия решения о допуске материалов к применению. Неоднозначность заключается в выборе кратности между проверкой и актом. Возможны разные варианты: акт оформляется на каждую проверку; один акт оформляется на группу проверок; акт оформляется только при наличии отклонений; по одной проверке может возникнуть несколько документов, если часть материалов принята, а часть требует дополнительной проверки. Для бумажного документооборота такие варианты часто решаются по внутреннему порядку организации. Для цифровой системы их необходимо формально закрепить. UML (рис. 2) позволяет сопоставить возможные варианты и выбрать тот, который соответствует принятой процедуре. Если акт является обязательным результатом каждой проверки, задается связь 1:1. Если один акт может объединять несколько проверок, требуется связь 1..* со стороны проверок и 1 со стороны акта. Если акт оформляется только при отклонениях, связь между проверкой и актом должна иметь кратность 0..1 или 0..*. При этом запись в журнале входного контроля целесообразно рассматривать как отдельную сущность, поскольку она может фиксировать как положительный результат, так и результат с замечаниями.

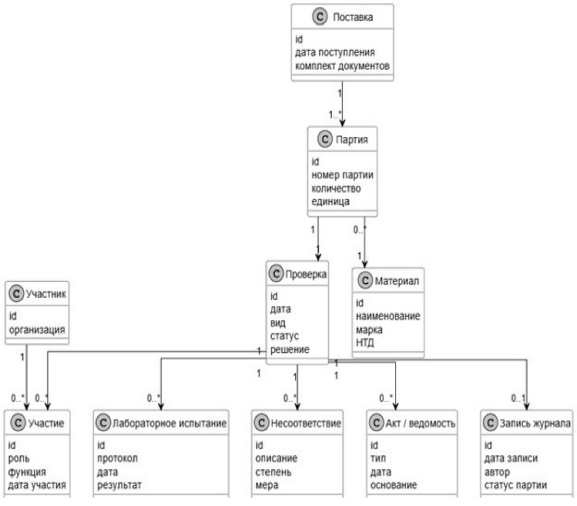


Рис. 2: UML-диаграмма классов цифрового представления входного контроля строительных материалов

Четвертый пример связан с распределением ролей участников. Во входном контроле участвуют поставщик, инженер строительного контроля, лаборатория, представитель подрядчика и заказчик. Смысловой фрагмент требования можно представить следующим образом: участники строительного процесса обеспечивают проверку поступающих материалов, предоставление документов, выполнение необходимых испытаний и принятие решения о возможности применения материалов. Неоднозначность состоит в том, что один участник может выполнять разные функции в разных проверках, а одна проверка может включать нескольких участников. Поставщик передает сопроводительную документацию, представитель подрядчика организует приемку материалов, инженер строительного контроля выполняет проверку, лаборатория проводит испытания, технический заказчик может участвовать в контроле и подтверждении результатов. Если в цифровой модели закрепить участника только как справочник организаций, система не сможет определить роль конкретного участника в конкретной проверке. UML фиксирует это через связь M:N между "Участниками" и "Проверкой". Один участник может участвовать во множестве проверок, одна проверка может включать несколько участников с разными ролями. В отдельной таблице участия нужно хранить роль в конкретной проверке: инициатор, исполнитель, лаборатория, проверяющий, подписант. Такой прием снимает типовую проблему электронных журналов, где фамилии присутствуют, а назначение каждого участника приходится выяснять по переписке и сканам.

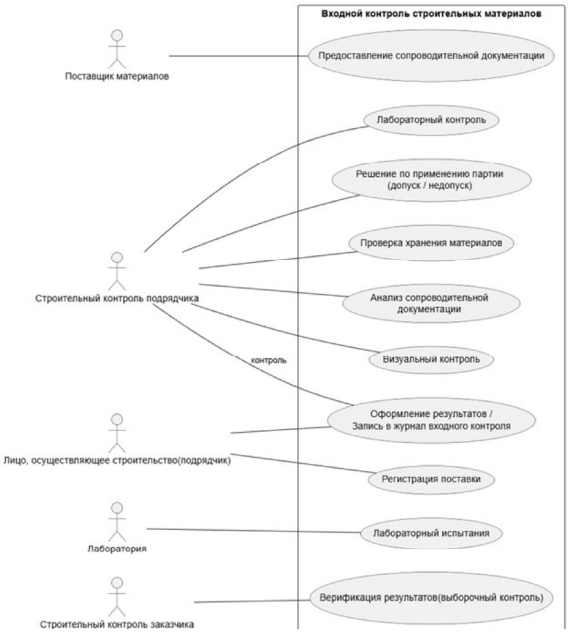


Рис. 3: Диаграмма вариантов использования входного контроля строительных материалов

Полученные модели могут использоваться как основа архитектуры информационной системы строительного контроля. На их основе можно проектировать базу данных, карточки материалов, журналы входного контроля, статусы проверок, маршруты согласования и правила допуска материалов. При этом UML-модель не заменяет нормативное требование, а уточняет его для цифрового представления. Именно это делает моделирование полезным инструментом при переходе от текстового описания контроля к управляемому набору данных и процедур [4, 9].

Таблица 1
Формализация неоднозначностей входного контроля средствами UML

№	Нормативная ситуация	Неоднозначность	UML-решение	Практический эффект
1	Материал, изделие, конструкция или оборудование подлежит входному контролю до применения	Неясно, соответствует ли одному материалу одна проверка или набор проверок: документальная, визуальная, измерительная, лабораторная, повторная.	Связь «Материал — Проверка» с кратностью 1..* или 0..* при регистрации материала до начала проверки.	Цифровая система не допускает материал к применению без завершенной проверки и фиксирует историю контрольных действий.
2	По результатам проверки могут быть выявлены несоответствия или дефекты	Проверка может завершиться без замечаний, с одним дефектом или с несколькими дефектами. Связь 1:1 ошибочно делает дефект обязательным.	Связь «Проверка — Дефект» с кратностью 0..* со стороны дефекта. Каждый дефект связан с одной конкретной проверкой.	Можно отдельно хранить положительные результаты контроля и сведения о несоответствиях; появляется основа для анализа повторяемости дефектов.
3	Результаты входного контроля оформляются записью в журнале, актом, протоколом или иным документом	Неясно, оформляется ли акт на каждую проверку, на группу проверок или только при наличии отклонений.	Предусмотреть варианты кратности: 1:1 для обязательного акта; 1..* к 1 для акта на группу проверок; 0..1 или 0..* при условном оформлении акта.	Информационная система может поддерживать разные регламенты документооборота без потери связи между проверкой и результатом.
4	Во входном контроле участвуют поставщик, подрядчик, инженер строительного контроля, лаборатория и заказчик	Один участник может выполнять разные функции в разных проверках, а одна проверка включает несколько участников.	Диаграмма вариантов использования фиксирует участников входного контроля и связывает каждого участника с выполняемыми действиями.	Система фиксирует не только организацию или ФИО, но и конкретную роль участника в определенной проверке.

4. Выводы

Проведенный анализ показывает, что при цифровизации строительного контроля нельзя ограничиваться переносом бумажного журнала в электронную форму. На уровне нормативного требования понятно, что материал нужно проверить, результат зафиксировать, а при отклонениях принять решение. На уровне цифровой системы этого мало, потому что

программа должна знать, с чем связана проверка: с поставкой, партией, материалом, актом, дефектом, лабораторным протоколом или участником. UML-моделирование помогает разложить входной контроль на конкретные элементы. Практическая ценность такого подхода проявляется при разработке информационных систем строительного контроля. UML-модель заранее задает структуру данных, роли пользователей и правила связывания документов. Это снижает вероятность ситуации, когда система формально соответствует идее цифровизации, но в работе инженера создает лишние действия: требует ненужные акты, не различает партии, не хранит историю дефектов или смешивает роли участников. Дальнейшее развитие модели целесообразно вести по другим видам строительного контроля: операционному, приемочному. Если для каждого из этих участков описать объекты, связи, документы и роли, можно получить основу для единой цифровой модели строительного контроля. Такая модель будет полезна не только для хранения документов, но и для анализа повторяющихся нарушений, оценки работы поставщиков и подготовки данных для управленческих решений.

Литература

1. СП 543.1325800.2024. Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства.
2. Абрамян С. Г. Современные возможности цифровизации входного и операционного контроля качества в строительстве / С. Г. Абрамян, О. В. Оганесян, И. Н. Молотков // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 2(110). – URL: https://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9020 (дата обращения: 27.04.2026).
3. Акулов А. О. Анализ современных видов контроля строительных работ и проблемы их развития / А. О. Акулов, А. О. Рада, С. А. Кононова // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 9. – С. 73–79. – DOI: 10.17513/snt.39763. – URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39763 (дата обращения: 27.04.2026).
4. Гайдо А. Н. Современные методы проведения строительного контроля / А. Н. Гайдо, А. Г. Погода // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 2(110). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-provedeniya-stroitelnogo-kontrolya (дата обращения: 27.04.2026).
5. Колесников Л. С. Исследование эффективности применения технологий информационного моделирования (ТИМ) при проведении мероприятий строительного контроля объекта капитального строительства / Л. С. Колесников, И. Н. Дорошин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 6, № 4(157). – С. 10–16. – URL: https://s-lib.com/issues/eiu_2025_04_v6_a2/ (дата обращения: 27.04.2026).
6. Петренко А. А. Сравнительное исследование эффективности традиционного технического надзора и цифрового строительного контроля при реализации объектов капитального строительства различной сложности / А. А. Петренко, Д. А. Соляников, О. Е. Гречишкина, А. Т. Талайбекова, В. Д. Зацепина // Инженерный вестник. – 2025. – № 1. – URL: https://iereview.ru/index.php/IE/article/view/213 (дата обращения: 27.04.2026).
7. Норец Н. К. Направления цифровизации строительного производства / Н. К. Норец // Экономика строительства. – 2022. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-tsifrovizatsii-stroitelnogo-proizvodstva (дата обращения: 27.04.2026).
8. Степанов А. В. Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы / А. В. Степанов // Экономика строительства. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-perspektivy-i-vyzovy (дата обращения: 27.04.2026).
9. Вирцев М. Ю. Анализ проблем цифровизации в проектно-строительной деятельности в Российской Федерации / М. Ю. Вирцев // Экономика строительства. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-tsifrovizatsii-v-proektno-stroitelnoy-deyatelnosti-v-rossiyskoy-federatsii (дата обращения: 27.04.2026).
10. Shim J.-H. Collaborative BIM-Based Construction Coordination Progress Modeling Using Extended Collaborative Process Modeling (exCPM) / J.-H. Shim, N.-H. Ham, J.-J. Kim // Buildings. – 2024. – Vol. 14, № 2. – Article 358. – DOI: 10.3390/buildings14020358. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/2/358 (accessed: 27.04.2026).
11. Nguyen T. A. Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Schedule Management: A Review / T. A. Nguyen, T. A. Nguyen, T. V. Tran // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2024. – Vol. 14, № 2. – P. 13133–13142. – DOI: 10.48084/etasr.6834. – URL: https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/6834 (accessed: 27.04.2026).

Application of UML Modeling for Structuring Construction Control Processes

Shakhramanyan A.M., Filippov A.A.
Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses the problem of formalizing construction control in the context of digitalization of construction activities. Regulatory documents impose mandatory requirements for quality control of works, materials, products, and structures; however, the requirements themselves are mainly textual and do not form a ready-made process or information model. As a result, ambiguities arise when transferring construction control procedures into a digital environment: it is not always clear which objects should be linked to each other, what the multiplicity of these links is, who participates in the inspection, and how the results are recorded. The purpose of the article is to justify the use of UML modeling for structuring construction control processes using examples of incoming material inspection. The analysis is performed on typical situations related to the relationships "batches of material — inspection", "inspection — defects", and "inspection — report", as well as to the distribution of roles among control participants. It is shown that UML allows formalizing the composition of entities, the relationships between them, the multiplicity of relationships, documents, and participant roles. The practical significance of the results lies in the possibility of using such models as a basis for designing information systems for construction control.

Keywords: digitalization; BIM; process approach; construction control; UML; formalization.

References

1. SP 543.1325800.2024. Construction Control During Construction, Reconstruction and Major Repair of Capital Construction Facilities.
2. Abramyan S. G. Modern possibilities for the digitalization of incoming and operational quality control in construction / S. G. Abramyan, O. V. Oganesyan, I. N. Molotkov // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – No. 2(110). – URL: https://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9020 (accessed: 27.04.2026).
3. Akulov A. O. Analysis of modern types of construction work control and problems of their development / A. O. Akulov, A. O. Rada, S. A. Kononova // Modern High Technologies. – 2023. – No. 9. – P. 73–79. – DOI: 10.17513/snt.39763. – URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39763 (accessed: 27.04.2026).
4. Gaido A. N. Modern methods of carrying out construction control / A. N. Gaido, A. G. Pogoda // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – No. 2(110). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-provedeniya-stroitelnogo-kontrolya (accessed: 27.04.2026).
5. Kolesnikov L. S. Study of the effectiveness of applying information modeling technologies (IMT) in construction control activities for a capital construction facility / L. S. Kolesnikov, I. N. Doroshin // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2025. – Vol. 6, No. 4(157). – P. 10–16. – URL: https://s-lib.com/issues/eiu_2025_04_v6_a2/ (accessed: 27.04.2026).
6. Petrenko A. A. Comparative study of the effectiveness of traditional technical supervision and digital construction control in the implementation of capital construction projects of varying complexity / A. A. Petrenko, D. A. Solyanikov, O. E. Grechishkina, A. T. Taalaybekova, V. D. Zatsepina // Engineering Bulletin. – 2025. – No. 1. – URL: https://iereview.ru/index.php/IE/article/view/213 (accessed: 27.04.2026).
7. Norets N. K. Directions of digitalization of construction production / N. K. Norets // Construction Economics. – 2022. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-tsifrovizatsii-stroitelnogo-proizvodstva (accessed: 27.04.2026).
8. Stepanov A. V. Digitalization of the construction industry: prospects and challenges / A. V. Stepanov // Construction Economics. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-perspektivy-i-vyzovy (accessed: 27.04.2026).
9. Virtsev M. Yu. Analysis of digitalization problems in design and construction activities in the Russian Federation / M. Yu. Virtsev // Construction Economics. – 2024. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-tsifrovizatsii-v-proektno-stroitelnoy-deyatelnosti-v-rossiyskoy-federatsii (accessed: 27.04.2026).
10. Shim J.-H. Collaborative BIM-Based Construction Coordination Progress Modeling Using Extended Collaborative Process Modeling (exCPM) / J.-H. Shim, N.-H. Ham, J.-J. Kim // Buildings. – 2024. – Vol. 14, No. 2. – Article 358. – DOI: 10.3390/buildings14020358. – URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/2/358 (accessed: 27.04.2026).
11. Nguyen T. A. Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Schedule Management: A Review / T. A. Nguyen, T. A. Nguyen, T. V. Tran // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2024. – Vol. 14, No. 2. – P. 13133–13142. – DOI: 10.48084/etasr.6834. – URL: https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/6834 (accessed: 27.04.2026).

Использование принципов лиминальности в ревитализации постиндустриальных пространств

Шефер Виктория Валерьевна
доцент кафедры ландшафтной архитектуры, СПбГАСУ, schww@mail.ru

В современном обществе, где экономика базируется на знаниях, инновациях и сфере услуг, старые промзоны в постиндустриальных городах утрачивают первоначальную функцию и деградируют. Промышленные территории — это исторически сложившиеся «задворки» города, которые сейчас превратились в уникальный территориальный резерв. Города меняются, но потенциал этих территорий остается не до конца раскрытым. Возникла необходимость новых стратегий развития и редевелопмента этих зон: переосмысление подхода к ревитализации постиндустриальных объектов, модернизации транспортной инфраструктуры этих территорий, сохранение промышленного наследия как истории места городов. **Появление новых сообществ людей, с запросами новой эстетики и поиском новых ощущений происходит из-за необходимости нового опыта взаимодействия с необычными местами.** Подобная эстетика, активизирующая противоречивые чувства (сочетания комфорта, тревоги и ностальгии), успела укорениться в визуальном искусстве последних лет. В нем лиминальные пространства «оживают», становясь сценой с уникальной атмосферой. Последние тенденции по работе с постиндустриальным наследием предполагают использовать признаки лиминальности таких территорий, как способа сохранения идентичности и «памяти места». При этом запускается процесс превращения «ржавого пояса» в современные общественные, культурные и жилые зоны города, при этом сохраняя индустриальное наследие. В мире существует множество мест, внушающих ужас своей атмосферой заброшенности, исторической памятью прошедшего времени или мистическими легендами. Постиндустриальные объекты, с точки зрения визуальных объектов, привлекательны для людей, которые готовы воспринять новый опыт интуитивных образов, выражающихся в фантастическом наследии инженерной мысли. Оно может стать толчком для создания запоминающихся объектов, балансирующих на грани причудливой реальности и сна, создавая новые смыслы в городской среде.

Ключевые слова: постиндустриальное пространство, территориальный резерв, новые сообщества людей, промышленное наследие, новая эстетика, лиминальность.

Введение

Результаты психологических исследований дают основание «предположить, что вера в непостоянность существования, вера в реальность необычных явлений представляют собой ветви одного дерева – наличия в психике современного человека особой потребности, которую мы называли „потребностью в необычном“ или „потребностью в трансцендентном». **[1]** «Для удовлетворения этой потребности индивид стремится не просто к чему-то новому, а именно к необычному, нарушающему основы современной научной картины мира, выходящему за рамки возможного Можно думать также, что неудовлетворенность этой потребности в современных рационализированных культурах лежит в основе повышенного интереса современного человека к сказкам, мифам, фантастическим произведениям, исследованиям необычных явлений и всему тому, что удовлетворяет „трансцендентальный голод“…» [2]

Актуальность выбранной темы

В психологии часто подчеркивается важность понятия лиминальности для понимания процессов, происходящих с индивидом в структуре общественных отношений. Актуальность лиминальных пространств обусловлена их способностью отражать и интерпретировать переходные состояния — как на индивидуальном, так и на социальном уровне. Исследованием механизмов адаптации к изменениям. Пребывание в лиминальном пространстве может способствовать рефлексии, переосмыслению ценностей и формированию новых представлений о себе

Феномен лиминальных пространств появился довольно давно. **Лиминальные пространства** — это территории на грани между двумя состояниями, где привычные правила восприятия перестают работать. Они вызывают ощущение переходного момента, неопределённости и странности. Это могут быть пустые коридоры, заброшенные здания, переходы в метро, пустующие торговые центры. Их особенность — отсутствие чёткой функции, лишение привычного контекста или ощущение временности существования, что порождает чувство тревоги и ностальгии.

Антрополог Виктор Тернер перенес понятие лиминальности (от лат. limen — порог) из контекста инициаций в примитивных обществах на широкий спектр социальных явлений. Вот ключевые аспекты этого состояния по В. Тёрнеру **[3]**

- «Ни то, ни се» (Neither-nor): лиминальные субъекты находятся «между и между» — они уже не в прежней социальной позиции, но еще не в новой.
- Выпадение из структуры: это временный выход из привычной социальной структуры, иерархии и правил.
- Лиминальность — это состояние неопределенности и амбивалентности, это зона высокого риска, но одновременно и зона «возможностей».
- Коммунитас (Communitas): спонтанное чувство общности, равенства и братства, возникающее в лиминальной фазе

Термин распространился на другие сферы — психологию, философию, искусство и урбанистику.

Лиминальные свойства пространства возникают:

- в «**переходных**» (**пограничных) местах** (фойе, лестницы, коридоры, подземные переходы, мосты, магистрали, железнодорожные станции, темные улицы);
- в **пространствах, утративших свои функции**

(места, потерявшие свой первоначальный смысл и назначение) – здания и территории «заброшки»;

- в **пространствах с признаками запустения и покинутости,**

смесь легкого страха, любопытства, грусти и благоговения.

(состояние, которое мы ощутили во время карантина — это кенопсия

(жуткая, тревожная атмосферы опустевшего места, которое обычно наполнено жизнью);

- **в факторе времени**

Исторические наслоения. Влияния течения времени на изменение и увядание объектов, событий или явлений. **(**Разрушение как отпечаток времени), захват территории растениями.

Термин «лиминальное пространство» получил распространение преимущественно благодаря интернет-сообществам, обнаружившим эстетическую ценность в изображении опустевших помещений. В видеоиграх подобная среда часто создаётся намеренно: разработчики формируют стерильное пространство, которое игрок воспринимает как своего

рода аттракцион, вызывающий широкий спектр эмоций. Эффект лиминальности оказался востребованным художественным приёмом из-за своей относительной простоты — он строится на визуальном и эмоциональном ощущении отсутствия чего-либо.

Психологический эффект воздействия, оказываемого такими пространствами, был проанализирован и описан в многочисленных публикациях, включая и видеоконтент. «Для тех, кто был «в теме», подобные изображения обрели новый, метауровень восприятия и оценки. При их просмотре само **осознание лиминальности пространства как его качественной** характеристики стало первоочередной целью. Были сформированы фанатские сообщества по признаку принадлежности к той или иной лиминальности, куда по сей день продолжают выкладываться фотографии и арты. Благодаря возможности оставлять обратную связь, в рамках комьюнити **сформировались характерные эстетические принципы архитектурной лиминальности, направленные на достижение определенного эффекта.» [4]**

Авторы изображений лиминальных пространств преследуют цель вызвать у зрителя комплексное эмоциональное состояние, сочетающее ощущение комфорта, тревоги и ностальгии. Достижение этого эффекта обеспечивается за счёт использования устойчивых визуальных паттернов и повторяющихся пространственных мотивов, чья эффективность подтверждена эмпирическим путём.

Карантин во время пандемии визуально подкрепил этот тренд, показав эффект лиминального пространства не в игре, а в реальной жизни — на пустых улицах, в аэропортах, торговых центрах, учебных заведениях и т.д.

Архитектурная лиминальность проявляется как пространство, чья главная особенность — неопределённость функции. Лиминальное пространство в архитектуре — это зона перехода, ожидания или границы. Оно не имеет ни начала, ни конца в традиционном понимании, а располагается в разрыве между устоявшимися функциональными назначениями.

Практическая значимость

Постиндустриальные пространства представляют собой территории, сформировавшиеся на месте промышленных объектов, объектов сопутствующей инфраструктуры после её упадка, — заброшенных заводов, шахт, портовых зон и железнодорожных узлов. В современной урбанистике такие участки нередко становятся объектами ревитализации: их преобразуют в технопарки, культурные кластеры и многофункциональные зоны с обновлённым функционалом.

«Процесс преобразования промышленной территории, при котором значительная часть объектов сохраняется, а не разрушается, называется ревитализацией. Специфика такого подхода заключается в переносе акцента с архитектурной формы на его функциональное содержание. А сам процесс ревитализации (от латинского «re» — возобновление и «vita» — жизнь) рассматривается как постепенное приспособление невостребованной недвижимости, освободившейся в результате деиндустриализации, под городские и социальные нужды» **[5]**

При ревитализации постиндустриальных объектов целесообразно сохранять элементы руинности и энтропии. Сохранение визуальных маркеров времени — таких как коррозированные конструкции, фрагментированные стены и открытые инженерные коммуникации — позволяет передать атмосферу заброшенности и неопределённости, типичную для лиминальных пространств. В частности, при обустройстве постиндустриальных парков нередко оставляют инженерные сооружения как средство визуального противопоставления исторических и современных функций территории. Также создаются новые арт-объекты, здания и сооружения, имитирующие утраченные, с использованием таких материалов как обнаженная арматура, кортеновая сталь, архитектурный бетон и т.д.

Заброшенные заводы, склады и промышленные зоны могут обрести новую жизнь в современном городе — помочь в этом способны особые «пограничные» свойства таких территорий. Сохраняя следы былой разрухи, создавая зоны перехода и играя с эстетикой неопределённости, архитекторы превращают постиндустриальные объекты в актуальные городские пространства, раскрывая их лиминальную природу.

Промышленные территории в границах города представляют собой земельные участки, ранее предназначенные для размещения производственных объектов, складских комплексов и железнодорожной инфраструктуры, утратившие первоначальную функциональную нагрузку и не интегрированные в современную градостроительную структуру.

В средних и малых городах указанные территории преимущественно локализуются в следующих зонах:

- в непосредственной близости от исторических центров;
- вдоль основных транспортных коммуникаций.

К основным типам заброшенных промышленных территорий относятся:

- прибрежные промышленные зоны (бывшие речные порты, складские сооружения вдоль водоёмов), препятствующие свободному доступу населения к береговой линии;
- заброшенные территории промышленных предприятий (отдельные промышленные площадки в структуре жилой застройки, не используемые по назначению);
- привокзальные промышленные территории (складские помещения, заброшенные депо и иные объекты вблизи железнодорожных путей), создающие барьер между жилыми районами и ключевыми городскими объектами (историческим центром, водоёмами).
- «пояс» вокруг исторического центра: в малых городах старые промзоны часто опоясывают центр, создавая барьер для пешеходной доступности.

Анализ мирового опыта

Основой для исследования лиминальных свойств постиндустриальных пространств стал анализ примеров удачной ревитализации промышленных объектов и комплексов**. Примеры лиминальных пространств, их различные способы ревитализации, а также использование приёмов лиминальности для создания уникальной архитектурной среды.**

Многие европейские проекты по приспособлению промышленных объектов для новой функции становились частью большой программы развития городской среды. Полезность реализации проектов на базе бывших предприятий подтверждают исследователи Р.Н. Грабар и Ж.Г. Шумак: «Мировой опыт показывает, что продвижение креативных проектов решает проблему формирования комфортного урбанистического пространства… Такие проекты способны повысить статус населенного пункта, улучшить его имидж» **[6]**.

Промышленный комплекс Фёльклинген (Völklinger Hütte) в Германии

Металлургический завод в Фёльклингене (нем. Völklinger Hütte) — одно из старейших железоплавильных предприятий и крупнейший металлургический комбинат в Европе. После мирового кризиса сталелитейной промышленности в середине 1970-х годов производство начало сокращаться, в итоге из-за нехватки средств на модернизацию доменных печей и компрессорного оборудования комбинат прекратил свою деятельность в июле 1986 года. Он проработал с 1873 по 1986 год, после чего был закрыт и законсервирован. После закрытия власти земли Саар присвоили заводу статус памятника, обеспечив этим его сохранность и дальнейшее использование в качестве места проведения культурных мероприятий (концертов, выставок, фестивалей). Позднее стал эксплуатироваться как индустриальный музей. С 1994 года включён в список Всемирного наследия ЮНЕСКО, став первым в мире промышленным памятником с международным статусом. (Рис 1)

Рис. 1 Металлургический завод Фёльклинген (Völklinger Hütte)

Промышленные объекты, которые воспринимались как независимые системы, проектировщики соединили между собой с помощью садов, террас и лестниц. В дизайне парка использованы приемы, которые усиливают лиминальную составляющую:

• железнодорожный парк с высокими прогулочными дорожками на верхнем уровне;

• бывшая доменная печь №5, оборудованная смотровой площадкой. С высоты около 70 метров открывается вид на Дуйсбург и соседние города;

• гигантская труба-горка между двумя бункерными комплексами;

• световые инсталляции (вечером парк подсвечивают, создавая драматическое световое шоу).

Для посетителей доступны дневные и ночные экскурсии, в том числе по истории металлургического комбината, а в редкие часы безлюдья производит особенно сильное впечатление: ржавые трубы и опустевшие машинные залы, создавая атмосферу застывшего времени, подчёркивая переход между прошлым и настоящим. **[7]**

Ландшафтный парк «Дуйсбург-Норд» (Landschaftspark Duisburg-Nord). Парк расположен на площади 180 гектаров, вокруг заброшенных сталелитейных заводов в Дуйсбурге. Пейзажный парк — одна из опорных точек Европейского маршрута индустриальной культуры и Маршрута индустриальной культуры в Рурской области.

Бывший металлургический завод Тиссена в Дуйсбурге (1903–1985), превращён в уникальный парк нового типа, где руины производственных корпусов и дикая природа существуют в единой связке. Завод Фёльклинген называют «городом спящих машин», в то время Дуйсбург-Норд — это пространство, где природа активно отвоёвывает территорию у металла, кирпича и бетона, создавая необычное гибридное состояние: не парк или завод, а симбиоз и того и другого. (Рис 2)

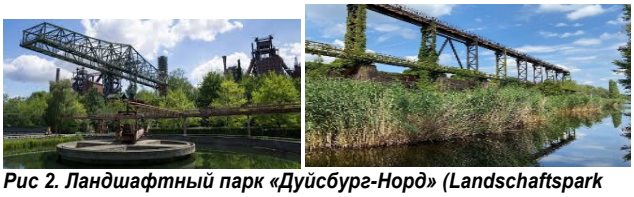


Рис 2. Ландшафтный парк «Дуйсбург-Норд» (Landschaftspark Duisburg-Nord)

Более 700 видов растений произрастают на территории бывшего завода. Сформированное здесь пространство, стирает границы между садом и промышленным объектами. Это уже не просто ревитализация, а сознательное использование лиминальности как эстетического и экологического приёма. Принципы подробно раскрыты в книге Питера Латца, где он описывает свой теоретический подход к дизайну и его практическую реализацию. **[8]** Сохранение «гения места» (genius loci). Проект учитывал уникальность территории, её промышленное наследие и природные условия. Парк стал значимой достопримечательностью и пользуется популярностью у туристов [9]

3. Станция Янчэн — «Китайский музей водно-болотных угодий Желтого моря» (Китай)

Станция Янчэн (Китай) — пример успешной ревитализации бывшей железнодорожной инфраструктуры. Объект преобразован в Китайский музей водно-болотных угодий Жёлтого моря с интегрированной общественно-парковой зоной при гостиничном комплексе. (Рис 3)

Рис 3. Станция Янчэн — Китайский музей водно-болотных угодий Желтого моря (Китай)

Архитектурная концепция. Музей и реконструированный железнодорожный парк работают как единый ансамбль. Мягкие линии павильонов, вдохновлённые очертаниями болотных ландшафтов, противопоставлены строгой линейности железнодорожных путей. Это подчёркивает диалог между природой и промышленностью, показывая, что развитие территории возможно при уважении к её экологии и прошлому. Пространство. Организация пространства построена так, чтобы посетитель чувствовал присутствие природы как главного персонажа экспозиции. Передвижение по музею организовано как серия плавных переходов — от закрытых залов к открытым террасам, от индустриальных объектов к природным видам.

При реконструкции была сохранена историческая платформа: её функционально объединили с музеем и водно-болотным парком, сформировав городскую общественную зону. На бывших железнодорожных платформах обновлено только покрытие (уложена новая плитка), при этом рельсы и шпалы оставлены в исходном состоянии. Дополнительно проложены диагональные деревянные настилы — они пересекают старые рельсы, создавая пространственный диалог между историческим и современным слоями. Таким образом, транзитная функция станции не уничтожена, а переосмыслена: объект стал архитектурным примером сосуществования прошлого и настоящего.

Реконструкция цементного заводя «La Fábrica» (Фабрика)

Бывший цементный завод, превращённый в штаб-квартиру архитектурного бюро и личную резиденцию Рикардо Бофилла. La Fábrica (исп. фабрика) — это знаменитый архитектурный проект испанского архитектора Рикардо Бофилла. В 1973 году он выкупил заброшенный цементный завод начала XX века недалеко от Барселоны и превратил его в свой жилой дом и штаб-квартиру. (Рис 4)

Рис 4. La Fábrica (Фабрика)

Бофилл не снёс завод, а законсервировал его в состоянии разрушения: бетонные силосы, ржавые трубы, и подземные туннели. Преобразовать столь громоздкий объект — задача не из лёгких. Архитекторам пришлось вступить в диалог с уже существующим пространством. Его необычная форма диктовала свои правила — и проектировщикам оставалось лишь тонко адаптировать идеи, чтобы новое органично вписалось в заданные рамки. Это пространство одновременно заброшено и обитаем. Сюрреалистично, в стиле постмодернизма, Бофилл наложил элементы, которые не принадлежали заводу: мавританские арки и други элементы марокканского стиля. Возникает гибридный объект с необычным образом: ни завод, ни дворец, ни жилой дом.

Архитектура промышленных объемов и корпусов прячется под сформированной растительностью — добавляя **эффекта заброшенности** зданию, напоминая, что было изначально.

Red Dot Design Museum в Эссене (Германия)

Этот музей расположен в бывшей котельной шахтёрского комплекса Zeche Zollverein, который был преобразован в культурный центр. Реконструкция была проведена в 1990-х годах по проекту архитектора Нормана Фостера. Основная задача заключалась в том, чтобы адаптировать историческое здание, не изменяя его характер. (Рис 5)

Рис 5. Red Dot Design Museum

Проектом были предусмотрены следующие работы и решены следующие задачи:

- **Реконструкция фасада**. Снесены поздние пристройки, чтобы раскрыть первоначальную форму здания.
- **Сохранение индустриального духа**. Один из пяти оригинальных, действующих когда-то котлов 1930-х годов оставили как экспонат, демонстрирующий технологию того времени. Остальные были превращены в объекты, оформленные как «коробки внутри коробки» — их лёгкость контрастирует с массивностью оригинальной конструкции.
- **Добавлены новыt элементы**. Был построен гигантский отдельно стоящий бетонный куб, в котором разместились конференц-залы и гибкие выставочные пространства, в которых планируется размещать и обновлять экспозиции. в соответствии с меняющимися постоянными и временными коллекциями.

Лиминальные приёмы в проекте:

- сохранение исторической памяти: оригинальный котёл выступает как артефакт индустриальной эпохи;
- диалог старого и нового: контраст массивной промышленной конструкции и лёгких современных форм («коробка внутри коробки») подчёркивает переходную природу пространства;
- функциональная трансформация: бывшая котельная превратилась в многофункциональный культурный узел — от индустриального объекта к современному музейно-выставочному комплексу;
- архитектурный контраст: монументальный бетонный куб визуально и функционально дополняет, но не подавляет историческое здание, создавая пространственный диалог эпох: прошлым и настоящим.

Реконструкции рассмотренных объектов демонстрируют высокий потенциал для использования ключевых приёмов в создании лиминального пространства. Основными свойствами, которыми обладает лиминальное пространство, являются контраст впечатлений, смена ощущений, смысловое изменение атрибутов.

В приведенной ниже таблице 1 систематизированы приемы образования лиминальных пространств в этих знаковых объектах.

Таблица 1

Пример	Ключевой прием	Лиминальный эффект
Металлургический завод Фёлклинген (Völklinger Hütte)	«законсервированное время»	на территории сохраняется аутентичная среда.
Ландшафтный парк «Дуйсбург-Норд»	природа активно отвоёвывает территорию у металла	создаёт «буферную зону» между городом и индустриальным ландшафтом, использование лиминальности как эстетического и экологического приёма.
Станция Янчэн — «Китайский музей водно-болотных угодий Желтого моря»	рельсы и шпалы оставлены в исходном состоянии, диагональные деревянные настилы пересекают старые рельсы, создавая пространственный диалог между историческим и современным слоями.	транзитная функция станции переосмыслена как пример сосуществования прошлого и настоящего
Цементный завод La Fábrica (Фабрика)	смешение стилей: индустриальный каркас и мавританские арки, и яркие детали в марокканском духе.	получилась странная сущность — ни завод, ни дворец, ни жилой дом, а что-то третье, балансирующее на грани узнавания
Музей дизайна Red Dot в Эссене (Германия) (Red Dot Design Museum)	диалог старого и нового: контраст массивной промышленной конструкции и лёгких современных форм, пространственные отношения «коробка внутри коробки»	«коробка внутри коробки» подчёркивает переходную природу пространства;

В итоге анализа были выявлены основные приёмы создания лиминальности:

- чёткие границы (миграционные или изолированные пространства, перепады уровней);
- изменение ширины пространства (сужение/расширение);
- создание буферных зон.

Световое решение:

- контрастное освещение (тёмный коридор — яркий выход);
- направленное освещение на цель перехода;
- естественный свет подчёркивает «переход» из внешнего пространства внутрь.

Материалы и текстуры:

- смена покрытия (гравий → плитка → дерево);
- переход от грубых к гладким поверхностям;
- изменение тактильных ощущений.

Символические элементы:

- путь (дороги, ж/д пути, перепутье
- арки как архитектурная метафора «прохода»;
- порталы и обрамления дверных проёмов (знаки перехода).

Новые проектные решения в последние годы уже используют стратегии благоустройства, которые строятся на сохранении «дикого» характера среды, без тотальной расчистки. стихийные маршруты превращают в безопасную комфортную пешеходную сеть.

Заключение

В целом можно сделать вывод, что лиминальность в архитектуре — это не просто физическое соединение пространств, а сложный психологический переход, который может:

- управлять восприятием времени;
- формировать эмоциональное состояние;
- структурировать социальные взаимодействия;
- создавать символические связи между разными частями среды.

Грамотно спроектированное лиминальное пространство делает переход плавным, осмысленным и безопасным, помогая человеку адаптироваться к смене контекста - будь то вход в дом, переход между станциями метро или вход в священное место. «Архитектурные объекты с признанным свойством лиминальности не могут быть отнесены к единому направлению или стилю из-за отсутствия в существующих примерах характерных повторяющихся черт. На практике лиминальность оказывается побочным свойством для типичных архитектурных пространств и основывается на непривычности, из чего следует необходимость учета в процессе архитектурного проектирования фактора типичности определенной социально понятной категории пространств.» **[10]**

Современные тенденции

В XXI веке лиминальные пространства приобретают новые смыслы:

• Цифровая лиминальность. Зоны Wi-Fi, зарядки гаджетов, информационные киоски — места ожидания, где физический переход дополняется цифровым взаимодействием.

• Гибкие изменяемые пространства. Трансформируемые зоны ожидания, которые могут менять функцию.

• Экологическая лиминальность. Буферные зелёные зоны между городом и природой (набережные, эко переходы).

• Эстетизация транзита. Превращение коридоров и переходов в арт-объекты (галереи, инсталляции).

Литература

1. Субботский Е. В. Строящееся сознание. М.: Смысл, 2007. 422 с. С. 390.
2. Знаков, В. В. Психология возможного. Новое направление исследований понимания / В. В. Знаков. — М.: Институт психологии РАН, 2019. — 272 с.
3. Тёрнер В. Символ и ритуал. М.: Наука, 1983. С. 45.
4. Шипунов, Б. Лиминальность в архитектуре / Б. Шипунов // Tatlin. — 2023. — 15 сентября.
5. Палий К. Р. Политика и практика ревитализации индустриального наследия как фактор повышения качества городской среды Санкт-Петербурга / К. Р. Палий, Р. Р. Палий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Политология. — 2023. — Т. 25, № 3. — С. 614–629
6. Грабар, Р. Н. Креативные проекты в развитии городской среды: международный опыт / Р. Н. Грабар, Ж. Г. Шумак. — М.: Архитектура-С, 2018. — 240 с.
7. Завод «Фёлклингер Хютте» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://voelklinger-huette.org/en/weltkulturerbe/orte-und-schauplaetze/ (дата обращения: 15.05.2026)
8. Latz, P. Rost Rot: Der Landschaftspark Duisburg-Nord / P. Latz. — München : Hirmer Verlag GmbH, 2016. — 288 S. : Ill. — ISBN 978-3-7774-2426-2.
9. Парк Дуйсбург-Норд [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://ru.trip.com/moments/detail/duisburg-26375-145427220?locale=ru-RU&curr=RUB (дата обращения: 15.05.2026)
10. Ахметзянов, В. Г. Лиминальные пространства в контексте архитектурной среды: принципы проектирования / В. Г. Ахметзянов, Р. О. Лузянин // Известия КГАСУ. — 2025. — № 1 (71). — С. 219–239

Using the principles of liminality in the revitalization of post-industrial spaces

Shefer V.V.
SPbGASU

JEL classification: L61, L74, R53

In today's society, where the economy is based on knowledge, innovation, and services, old industrial zones in post-industrial cities are losing their original function and deteriorating. Industrial territories are historically formed "backyards" of the city, which have now become a unique territorial reserve. Cities are changing, but the potential of these territories remains to be fully explored. There is a need for new strategies for the development and redevelopment of these zones: rethinking the approach to revitalizing post-industrial facilities, modernizing the transport infrastructure of these territories, and preserving the industrial heritage as the history of urban sites. The emergence of new communities of people, with demands for new aesthetics and the search for new sensations, is due to the need for a new experience of interacting with unusual places. Such aesthetics, which activate contradictory feelings (combinations of comfort, anxiety and nostalgia), have managed to take root in the visual art of recent years. In it, the liminal spaces "come to life", becoming a stage with a unique atmosphere. Recent trends in working with post-industrial heritage suggest using signs of the liminality of such territories as a way to preserve identity and "place memory." At the same time, the process of turning the "rust belt" into modern public, cultural and residential areas of the city is being launched, while preserving the industrial heritage. There are many places in the world that inspire horror with their atmosphere of abandonment, historical memory of the past, or mystical legends. From the point of view of visual objects, post-industrial objects are attractive to people who are ready to accept a new experience of intuitive images expressed in the fantastic legacy of engineering. It can be an impetus for creating memorable objects that balance on the edge of a bizarre reality and a dream, creating new meanings in the urban environment.

Keywords: post-industrial space, territorial reserve, new communities of people, industrial heritage, new aesthetics, liminality.

References

1. Subbotsky, E. V. Stroiascheesia soznanie [Building Consciousness]. Moscow: Smysl, 2007. 422 p. P. 390.
2. Znakov, V. V. Psikhologiya vozmozhnogo. Novoe napravlenie issledovaniy ponimaniya / V. V. Znakov. — Moscow: Institute of Psychology RAS, 2019. — 272 p.
3. Turner, V. (1983). Simvol i ritual [Symbol and ritual]. Nauka. (Original work published in Russian)
4. Shipunov, B. Liminalnost' v arkhitekture / B. Shipunov // Tatlin. — 2023. — September 15.
5. Paliy, K. R., Paliy, R. R. Politika i praktika revitalizatsii industrial'nogo naslediya kak faktor povysheniya kachestva gorodskoy sredy Sankt-Peterburga / K. R. Paliy, R. R. Paliy // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Politologiya. — 2023. — Vol. 25, No. 3. — P. 614–629.
6. Grabar, R. N., Shumak, Zh. G. Kreativnye proekty v razvitii gorodskoy sredy: mezhdunarodnyy opyt / R. N. Grabar, Zh. G. Shumak. — Moscow: Arkhitektura-S, 2018. — 240 p.
7. Völklinger Hütte Ironworks [Завод «Фёльклингер Хютте»] [Electronic resource]. — URL: https://voelklinger-huette.org/en/weltkulturerbe/orte-und-schauplaetze/ (accessed:15.05.2026)
8. Latz, P. Rost Rot: Der Landschaftspark Duisburg-Nord / P. Latz. — München : Hirmer Verlag GmbH, 2016. — 288 S. : Ill. — ISBN 978-3-7774-2426-2.
9. Duisburg-Nord Park [Electronic resource] — Access mode: URL: https://ru.trip.com/moments/detail/duisburg-26375-145427220?locale=ru-RU&curr=RUB (accessed:15.05.2026)
10. Akhmetzyanov, V. G., Luzyanin, R. O. Liminal spaces in the context of the architectural environment: principles of design / V. G. Akhmetzyanov, R. O. Luzyanin // News of the Kazan State University of Architecture and Engineering (Izvestiya KGASU). — 2025. — No. 1 (71). — P. 219–239.

Театрально-концертные залы Йемена: между традицией и современностью

Губран Абдулмалек Али Абдо Абдуллах
аспирант, Российский университет дружбы народов,
Abdalmlkgubran150@gmail.com

Театрально-концертные залы представляют собой важнейшие социокультурные институты, формирующие художественную жизнь общества. Йемен — страна с древней цивилизацией и богатыми устными и музыкальными традициями. На протяжении XX века в стране создавалась современная инфраструктура сценических искусств. Многие здания разрушены, перепрофилированы либо используются эпизодически. В то же время традиционные формы исполнительского фольклора продолжают существовать вне стен формальных залов — в гостевых домах, ущельях. **Статья посвящена анализу архитектуры театрально-концертных залов Йемена в аспекте традиций и современности.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранения национальной идентичности в условиях глобализации и восстановления инфраструктуры культуры Йемена после военных конфликтов. Цель работы - теоретически изучить инструмент синтеза традиционных пространственных, акустических решений и современных требований к зрительным залам. Прямое копирование западных моделей концертных залов приводит к функциональному отторжению из-за особенностей местной аудитории и климатических условий, тогда как гибридные проекты демонстрируют высокую эффективность. В статье делается вывод о необходимости разработки национального стандарта для театрально-концертных залов Йемена.

Ключевые слова: Йемен, театрально-концертные залы, традиционная архитектура, мафрадж, акустика, современное зодчество, гибридные пространства, исламская культура.

Введение

От первых полупрофессиональных подмостков в Адене, возникших ещё в колониальный период, до государственных дворцов культуры в Сане и Таиззе театрально-концертные залы становились символами просвещения, национального самосознания и светского культурного развития.

В последние годы из-за политической нестабильности, военных действий театрально-концертная сфера Йемена оказалась под ударом. С 2014 года в Йемене продолжается затяжной вооружённый конфликт, уничтоживший больше половины культурных объектов из предварительных списков ЮНЕСКО. Международная помощь в первую очередь направлена не на гражданские объекты вроде театров и концертных залов, однако после затишья боевых действий именно они становятся центрами психологической реабилитации и общения для людей. В Йемене такие площадки исторически были местом, где женщины могли участвовать в публичной культуре — и как зрительницы, и, временами, как артистки.

Основная часть

Профессиональное театральное искусство в Йемене сформировалось сравнительно поздно. Исследования показывают, что его подлинное рождение произошло в 1910 году, когда в Адене была основана первая национальная труппа. Однако долгое время представления давали либо на временных сценах, либо под открытым небом. Перемены наступили в 1970-е, когда в стране начали возводить первые театральные здания. Открывшийся в те годы Театр Саны стал важным событием для Йемена.

Рис.1. Театр Саны

Отдельно стоит упомянуть принцип «аль-Сарха», который представлял собой открытое общественное пространство внутри жилой застройки. Эта традиционная модель организации общественной среды впоследствии легла в основу многих современных театральных постановок и проектов [14].

Примером служит проект «Аль-Сумайя» — Дом народного искусства, представленный на архитектурном конкурсе в 2022 году. Его разработчик, Раях Ахмед Мохаммед Амер из Университета Дхаммар, создал архитектурную концепцию здания в опоре на традицию «аль-Сарха». Открытый театр, расположенный в ядре комплекса, выступает современной интерпретацией старинной общественной площади. Облик блоков и оформление входов отсылают к зодчеству Дхаммара, а символика форм передает идеи движения и музыкального искусства.

Рис. 2. Дом народного искусства

В числе самых масштабных современных архитектурных идей — проект Культурного центра в Адене (2025). Его цель — восстановить

утраченное архитектурное своеобразие города, предложив общественное культурное пространство. Проект сочетает бережное отношение к истории с новаторским дизайном. Среди конкретных решений - применение местных пород камня базальта, пемзы, традиционных методов строительства, внутренних дворов, а также климатически адаптированных приёмов, в том числе естественное проветривание и солнцезащита [9].

Рис.3. Проект Культурного центра в Аден

Особое внимание привлекает проект Оперного театра, разработанный в 2024 году. Комплекс включает главную сцену, две дополнительные театральные площадки, музыкальную библиотеку (как с традиционными, так и с электронными носителями), образовательный институт музыки и драмы, а также зоны отдыха (ресторан и кафе) и мастерские на цокольном этаже. Значимость этого проекта определяется не только архитектурными решениями, он создается после войны, пережитой нацией, становясь местом, где молодое поколение сможет реализовать подавленные мечты и устремления. В данном случае архитектура превращается в инструмент психологической и социальной реабилитации [11]

Заключение

В условиях постконфликтного восстановления именно такие пространства — театры, оперные дома, культурные центры — могут стать точками сборки общества, местами, где формируется и укрепляется национальное самосознание через искусство и общение [6].

Современные залы Йемена пытаются имитировать западные концертные пространства, но сталкиваются с нехваткой технологий и ресурсов, в результате чего возникает эклектика, где современность часто выглядит как упрощенная версия бетонных коробок без учета местного климата. Исторические места собраний (гостиные мафрадж, внутренние дворы мечетей или рыночные площади) обладали уникальной акустикой, учитывающей жаркий климат и манеру исполнения (гортанное пение, ударные). Современные закрытые залы, построенные по типовым проектам, эту акустику разрушили.

Традиционные залы служили местом общинного единения (племенные встречи, зикры, свадьбы), тогда как «современные» концертные площадки из-за политической нестабильности и консервативных взглядов части общества (осуждение музыки и публичных выступлений женщин) оказались маргинализированы или перепрофилированы.

Литература

1. Алсих А.С.М., Еремеева А.Ф., Перов Ф.В., Болотин С.А. Социально культурные аспекты проектирования общественных зданий в Йеменской Республике // Жилищное строительство, 2024, №1-2. С. 26-34.
2. Алсих А.С.М. Перспективы развития общественных центров в йеменской республике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2023, №8, Т 12. С. 54-66.
3. Анисимов А.В., Коновалова Н.А., Хрупин К.В. Современные тенденции в возведении театральных зданий мира // Современная архитектура мира. 2022. № 1 (18). С. 167–186.
4. Ануфриева П.С. Современные тенденции развития многофункциональных театрально-зрелищных комплексов // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2021. № 1. С. 198 - 200.
5. Аттия А.С. Уроки, извлеченные из традиционной архитектуры Йемена, - на пути к устойчивой архитектуре // Международный журнал устойчивого развития и планирования. 2022. Т. 17, № 4. С. 1197-1204.
6. Бенаи Х.А. Принципы архитектурно-пространственной организации зданий и сооружений медиацентров и приемы реализации // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2021. Выпуск 2(148). С. 19–24.
7. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий: учебное пособие. М.: ИНФРАМ, 2018. 267 с.
8. Колесникова Т.Н., Кузнецов П.Э. Анализ архитектуры современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов и тенденции их развития // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 3. С. 346–357.
9. Коновалова Н.А. Особенности архитектуры современных театральных зданий мира: глобальные требования и национальные приоритеты // Художественное образование и наука. 2023. № 3 (36). С. 130–137.
10. Кузнецов П.Э. Анализ архитектуры совре менных многофункциональных культурно-зрелищ ных комплексов и тенденции их развития // Без опасный и комфортный город : сб. науч. тр. по мат. V Междунар. науч.-практ. конф. 2022. С. 47–54.
11. Маренков М.А., Костикова Е.К. Новейшие тенденции формирования архитектуры зрелищных комплексов с развитой функциональной структурой // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2024. № 2(166). С. 125-129.
12. Хрупин К.Г. Новая эстетика театральных зданий XXI века (европейский опыт) // Современная архитектура мира. 2022. № 1 (18). С. 187–216.
13. Hussein S.A. Community centers and peacebuilding in Yemen: experience of other countries // Development and Peace. 2021. №37(1). Pp. 78-96.
14. Kuma K. Architecture Words 2: Anti-Ob ject: The Dissolution and Disintegration of Architecture. London, 2013. 145 p.
15. Staples D. Modern theatres 1950–2020. New York : Routledge Publ., 2021. 594 p.

Theatre and concert halls in Yemen: between tradition and modernity

Gubran Abdulmalek Ali Abdo Abdullah

Peoples' Friendship University of Russia

Theatre and concert halls are vital sociocultural institutions shaping the artistic life of society. Yemen is a country with an ancient civilization and rich oral and musical traditions. Throughout the 20th century, a modern performing arts infrastructure was developed in the country. Many buildings have been destroyed, repurposed, or are used sporadically. At the same time, traditional forms of folklore performance continue to exist outside the walls of formal halls—in guesthouses and gorges. This article analyzes the architecture of Yemen's theatre and concert halls from the perspective of tradition and modernity. The relevance of this study stems from the need to preserve national identity in the context of globalization and the restoration of Yemen's cultural infrastructure after military conflicts. The aim of this study is to theoretically explore a tool for synthesizing traditional spatial and acoustic solutions with modern requirements for auditoriums. Directly copying Western concert hall models leads to functional rejection due to the characteristics of local audiences and climatic conditions, whereas hybrid designs demonstrate high efficiency. The article concludes that it is necessary to develop a national standard for theater and concert halls in Yemen.

Keywords: Yemen, theater and concert halls, traditional architecture, mafraj, acoustics, contemporary architecture, hybrid spaces, Islamic culture.

References

1. Alsih A.S.M., Eremeeva A.F., Perov F.V., Bolotin S.A. Socio-cultural aspects of designing public buildings in the Republic of Yemen // Housing Construction, 2024, No. 1-2. pp. 26-34.
2. Alsih A.S.M. Prospects for the Development of Community Centers in the Republic of Yemen // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023, No. 8, Vol. 12. pp. 54-66.
3. Anisimov A.V., Konovalova N.A., Khrupin K.V. Modern trends in the construction of theatrical buildings around the world // Modern Architecture of the World. 2022. No. 1 (18). pp. 167-186.
4. Anufrieva P.S. Current Trends in the Development of Multifunctional Theater and Entertainment Complexes // Science, Education, and Experimental Design. 2021. No. 1. pp. 198–200.
5. Attiyah A.S. Lessons Learned from Traditional Architecture of Yemen — Toward Sustainable Architecture // International Journal of Sustainable Development and Planning. 2022. Vol. 17, No. 4. pp. 1197–1204.
6. Benai H.A. Principles of Architectural and Spatial Organization of Media Center Buildings and Structures and Implementation Techniques // Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2021. Issue 2 (148). pp. 19–24.
7. Gelfond A.L. Architectural Design of Public Buildings: A Tutorial. Moscow: INFRAM, 2018. 267 p.
8. Kolesnikova T.N., Kuznetsov P.E. Analysis of the architecture of modern multifunctional cultural and entertainment complexes and trends in their development // Bulletin of MGSU. 2023. Vol. 18. Issue 3. Pp. 346–357.
9. Konovalova N.A. Features of the architecture of modern theater buildings around the world: global requirements and national priorities // Art education and science. 2023. No. 3 (36). Pp. 130–137.
10. Kuznetsov P.E. Analysis of the architecture of modern multifunctional cultural and entertainment complexes and trends in their development // Safe and comfortable city: collection of scientific papers on materials of the 5th International scientific and practical conference. 2022. Pp. 47–54.
11. Marenkov M.A., Kostikova E.K. The latest trends in the formation of the architecture of entertainment complexes with a developed functional structure // Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2024. No. 2 (166). Pp. 125-129.
12. Khrupin K.G. New aesthetics of theater buildings of the 21st century (European experience) // Modern architecture of the world. 2022. No. 1 (18). Pp. 187-216.
13. Hussein S.A. Community centers and peacebuilding in Yemen: experience of other countries // Development and Peace. 2021. №37(1). Pp. 78-96.
14. Kuma K. Architecture Words 2: Anti-Ob ject: The Dissolution and Disintegration of Architecture. London, 2013. 145 p.
15. Staples D. Modern theatres 1950–2020. New York : Routledge Publ., 2021. 594 p.

Особенности перемещения потоков воздуха с вредными примесями в пространстве подземной автопарковки

Корнев Николай Александрович
аспирант, кафедра Теплогазоснабжение и вентиляция, НИУ «Московский государственный строительный университет», n.kornev@niip.pro,

Титков Дмитрий Геннадьевич
кандидат технических наук, доцент кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция, НИУ «Московский государственный строительный университет», titkov1000@xmail.ru,

Рымаров Андрей Георгиевич
кандидат технических наук, доцент кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция, НИУ «Московский государственный строительный университет», rymarov@list.ru

Современные жилые, офисные и торговые здания часто оборудуются подземными автопарковками, в которых необходимо создать требуемые параметры качества воздуха в связи с поступлением в воздух вредных веществ от процесса сгорания топлива в двигателях автомобилей, поэтому организации вентиляции в данных помещениях уделяется большое внимание. Потоки вредных веществ включают в себя такие вещества как: CO, NOx, CH, CO_2 и сажу, которые необходимо удалять из пространства автостоянки, снижая концентрации ниже предельно-допустимой концентрации (ПДК). Находящиеся на автостоянке автомобили являются также источниками поступления теплоты от нагретых двигателей, вследствие чего над нагретыми капотами формируются восходящие конвективные струи, которые своим движением формируют циркуляцию воздуха в подземной автостоянке, увлекая с собой вредные вещества, циркуляция которых может быть выявлена. Информация о направлении потоков воздуха на подземной автопарковке позволяет подстраивать удаление воздуха так, чтобы удалять максимально большее количество вредных примесей, повышая эффективность системы вентиляции, которая должна учитывать физические особенности циркуляции воздуха в подземной автостоянке.
Ключевые слова: подземная автостоянка, вентиляция, стратификация загрязнений, конвективный поток.

Введение

Эффективная система вентиляции является критически важным элементом инфраструктуры подземных автостоянок, обеспечивающим поддержание нормируемых параметров микроклимата и удаление вредных веществ, выделяемых автомобилями. Подземные автостоянки, в силу своей специфики (ограниченный объем, отсутствие естественного проветривания, наличие источников тепла и вредных выбросов), требуют особого внимания к проектированию систем вентиляции. При плохо работающей вентиляции на подземной автопарковке на уровне дыхания человека часто чувствуется запах гари. Изучение циркуляции воздуха под действием конвективных струй позволяет оптимизировать проектные решения, предсказывать поведение воздушных потоков и оценивать эффективность вентиляционных систем в различных эксплуатационных режимах. Активное движение воздуха позволяет оценить перенос вредных веществ (оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, диоксид углерода и сажа), выделяемых автомобилями, что позволяет определить необходимые параметры вентиляционной системы для обеспечения требований санитарно-гигиенических норм [1].

Цель работы

Целью данной работы является проведение исследований конвективных потоков от нагретых капотов автомобилей в процессе остывания двигателей, находящихся на подземной автопарковке для понимания распределения вредных веществ по объему помещения автопарковки, а также для организации удаления загрязненного и подачи свежего воздуха системой вентиляции.

Материалы и методы

В исследовании используется методика расчета восходящих конвективных струй от нагретой поверхности, разработанной проф. И.А. Шепелевым [2], а также методики расчетов газового режима зданий с учетом движения потоков воздуха, разработанной на кафедре Теплогазоснабжения и вентиляции НИУ МГСУ [3,4]. Анализ требований и геометрии пространства подземной автопарковки проведен на основании следующих нормативных документов: СП 113.13330.2023 «Стоянки автомобилей» [5], СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [6], СП 7.13130.2023 «Системы противопожарной защиты» [7], СП 300.1325800.2017 «Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок» [8].

Результаты исследования

Проектирование системы вентиляции подземной автопарковки проводится на основании действующих нормативных документов [1, 5-8]. Исследования для организации вентиляции на автопарковки проводились и ранее [9-12], но посещая реальные подземные парковки замечаешь, что есть запах гари, что говорит о том, что вентиляция не справляется с удалением загрязнений воздуха. На подземной автостоянке формируются воздушно-тепловой и газовый режимы, обусловленные циркуляцией воздуха от восходящих тепловых потоков в виде струй от нагретых автомобилей, и в особенности от их капотов, с подмешиванием окружающего воздуха в объем восходящих конвективных струй воздуха, которые после остывания у потолка автостоянки распадаются и остывший воздух перемещается от потолка вниз, подмешиваясь к восходящим конвективным струям. Данная циркуляция воздуха за счет восходящих конвективных струй и нисходящих потоков остывшего у потолка воздуха перемещает вредные вещества, поступающие в воздушный объем автостоянки от двигателей внутреннего сгорания автомобилей. Если организация системы вентиляции для удаления воздуха с вредными примесями будет учитывать распределение вредных примесей в объеме автостоянки, то эффективность такой системы вентиляции будет максимальной.

Для исследования были использованы следующие геометрические параметры подземной автостоянки: высота потолков: 4.35 м; высота источника тепла (капота) над полом: 0.8 м; высота от капота автомобиля до потолка автостоянки: 3.55 м. В качестве теплового источника рассматривается работающий или только что выключенный двигатель автомобиля, конвективная теплоотдача от которого происходит преимущественно через поверхность капота и является максимальной в данный момент времени. Приняты следующие параметры, основанные на типовых характеристиках легковых автомобилей в режиме прогрева или

кратковременной работы: температура поверхности капота: 60 °С; температура воздуха в автостоянке: 10 °С; площадь поверхности капота, участвующая в конвекции: 1.0 м²; тепловой поток от капота одного автомобиля формируется начальным значением мощности: 0,5 кВт, и при остывании тепловой поток уменьшается и для анализа принят равным: 0,3 кВт, 0,1 кВт и 0,05 кВт.

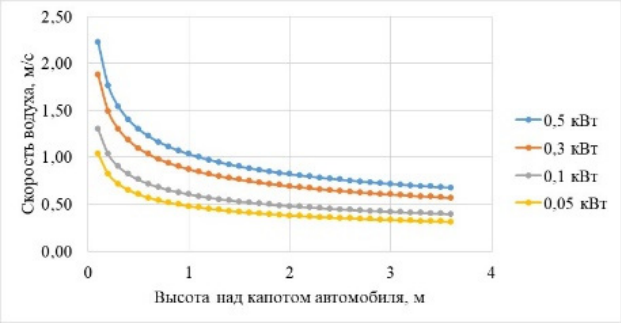


Рисунок 1. *Изменение осевой скорости конвективного воздушного потока над капотом автомобиля по высоте с учетом остывания капота, где 0,5 кВт – 0,05 кВт мощность теплового потока от нагретого капота автомобиля, который остывает.*

Проанализируем формирование конвективной струи от нагретого капота легкового автомобиля, находящегося на подземной автостоянке. Проведены расчеты и построены графики изменения осевой скорости (рисунок 1) и температуры (рисунок 2) конвективного потока от нагретого капота автомобиля по высоте автостоянки над капотом автомобиля. Эти графики позволяют визуализировать динамику конвективной струи от источника тепла до потолка помещения с учетом остывания нагретого двигателя. На графике (рис. 1) видно, что скорость сначала активно снижается в течение примерно одного часа, а затем уже снижается постепенно, что связано с увеличением объема струи за счет подмешивания окружающего струю воздуха, при этом также происходит снижение температуры воздуха в струе от подмешивания в струю воздуха и при остывании капота автомобиля (рис. 2). Максимальные значения скорости и температуры наблюдаются на оси струи и постепенно убывают к ее периферии. Скорость на оси струи изменяется от 2,23 м/с до 0,67 м/с, а температура от 29,28 ºС до 11,77 ºС. Автомобиль с выключенным двигателем постепенно остывает, находясь на подземной автостоянке и постепенно конвективный поток над капотом автомобиля будет ослабевать. При остывании двигателя температура капота будет уменьшаться и поток воздуха в струе будет слабее, что сказывается на температуре и скорости на оси струи, которые будут снижаться при тепловой мощности равной 0,3 кВт до значений 26,3 ºС и 1,9 м/с, при тепловой мощности равной 0,1 кВт до значений 21,3 ºС и 1,3 м/с, и при тепловой мощности равной 0,05 кВт до значений 19 ºС и 1 м/с. Кроме того при остывании капота автомобиля уменьшается скорость и температура на всей оси конвективной струи: при тепловой мощности равной 0,3 кВт скорость изменяется от 1,9 до 0,6 м/с, при тепловой мощности равной 0,1 кВт скорость изменяется от 1,3 до 0,4 м/с, при тепловой мощности равной 0,05 кВт скорость изменяется от 1 до 0,3 м/с, при этом температура также уменьшается при тепловой мощности равной 0,3 кВт от 26,3 до 11,5 ºС, при тепловой мощности равной 0,1 кВт от 27,3 до 11 ºС, при тепловой мощности равной 0,05 кВт от 19 до 10,8 ºС, стремясь к температуре помещения автостоянки равной 10 ºС.

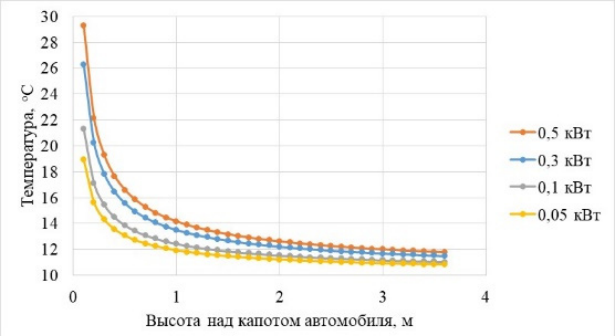


Рисунок 2. *Изменение осевой температуры конвективного воздушного потока над капотом автомобиля по высоте с учетом остывания капота, где 0,5 кВт – 0,05 кВт мощность теплового потока от нагретого капота автомобиля, который остывает*

Восходящий конвективный поток теплого воздуха своей активностью увлекает с собой вредные вещества образующиеся от сгорания топлива автомобиля на автостоянке, и большая часть этих вредных веществ оказывается под потолком подземной автостоянки, где воздух остывает и опускается вниз, увлекая с собой вредные вещества с нисходящими потоками остывшего под потолком воздуха, формируя циркуляцию вредных веществ в воздухе подземной парковки. Двигатель остывает за период около 3-5 часов с максимальной интенсивностью в первые 40-60 минут, что и определяет развитие конвективных струй над капотом автомобилей на подземной автопарковке. Среди вредных веществ есть сажа, частицы которой являются самым тяжелым вредным веществом, но так как частицы сажи мелкие то их подъем конвективной струей под потолок вполне возможен, но остывая они будут опускаться вниз помещения, оседая на полу и стенах, поэтому было бы хорошо их успеть удалить у потолочного пространства.

Кроме того, струя теплого воздуха от нагретого капота автомобиля поднимаясь в верх расширяется, подсасывая окружающий воздух с более низкой температурой, что приводит к снижению скорости по высоте и температуры в объеме конвективной струи. Известно, что все струи расширяются на угол 12 градусов 25 минут и тогда площадь потока струи у потолка, поднимаясь по высоте помещения на 3,55 м составит 6,45 м^2. Если весь воздух восходящей струи загрязнен, то его полностью необходимо удалить в верхней зоне помещения под потолком над капотом автомобиля. Расход воздуха в конвективной струе под потолком автостоянки изменяется от максимального в начальный момент приезда автомобиля и со временем уменьшается по мере остывания автомобиля и для условий рассматриваемого примера в начальный момент равен 2,16 м^3/с. При остывании двигателя автомобиля расход воздуха в струе будет уменьшаться и для ситуации при мощности 0,05 кВт составит примерно 0,97 м^3/с. Согласно нормативному документу СП 113.13330.2023 «Стоянки автомобилей» [5] минимальная площадь одного машино-места на подземной автопарковке составляет 5,3×2,5 м и равна 13,25 м^2, в ряде случаев могут быть предусмотрены парковочные места более вместительные для больших автомашин. А так как автомашины ставят на парковке по-разному по расположению капота, то капоты автомашин могут быть не на одной линии, поэтому удобнее над каждой парковкой расположить вытяжную панель для удаления загрязненного воздуха, образующегося в виде восходящей конвективной струи от нагретого капота с расходом удаляемого воздуха не менее расхода воздуха в конвективной струе в начальный момент остывания автомобиля и в сечении струи под потолком подземной автопарковки.

Парковки заполняются по-разному, могут быть случаи, когда на парковке стоит одна машина долгое время, а могут к началу рабочего дня все места быть заняты на весь день, а также могут быть случаи, когда машины приезжают и уезжают весь рабочий день, что позволяет определить худший вариант и для него сформировать систему вентиляции. Поэтому удаление воздуха необходимо организовать над всеми парковочными местами, а что бы восходящие конвективные струи не разрушать подачу воздуха лучше осуществить в нижнюю зону помещения подземной автопарковки. А также для тяжелых частиц сажи и других тяжелых вредных веществ, а также не уловленных веществ в верхней зоне часть вытяжки необходимо организовать в нижней зоне. Возможно, что если в начале рабочего дня все парковочные места заполнены и машины остывают поступлений вредных веществ от работающих двигателей нет, то можно, удалив загрязненный воздух за определенный период времени, отключить систему вентиляции или снизить ее производительность до минимального значения, что позволит снизить эксплуатационные затраты.

Выводы

Конвективные потоки от тепловых источников (капоты автомобилей) переносят загрязнения по воздушному объему автопарковки.

Оценивая распределение вредных веществ в помещении автопарковки на основе циркуляции воздуха под действием конвективных струй можно скорректировать воздухообмен и воздухораспределение и особенно удаление загрязненного воздуха для повышения эффективности работы системы вентиляции.

Удаление загрязненного воздуха у потолка автопарковки над автомобилями с применением перфорированных, щелевых или других вытяжных устройств позволит часть вредных веществ удалить. Тяжелые вредные вещества такие как сажа и углекислый газ частично могут быть удалены из верхней зоны у потолка, а остывшие и тяжелые частицы сажи нужно удалять из нижней зоны автопарковки, так как при остывании капотов автомобилей конвективная струя будет ослабевать и не сможет поднимать к потолку данные вещества.

Удобнее для проветривания пространства автопарковки размещать ее в наземной хорошо проветриваемой естественным образом автопарковке, что сократит затраты на организацию и эксплуатацию системы вентиляции.

Литература

1. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны / Издательство стандартов, Издательство стандартов, 2000.
2. Шепелев И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. — М.: Стройиздат, 1978. — 145 с.
3. Рымаров А.Г. Газовый режим здания // Естественные и технические науки. 2012. № 6 (62). С. 595-599.
4. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Аэродинамика коллектора для подземных коммуникаций // Естественные и технические науки. 2015. № 2 (80). С. 144-147.
5. СП 113.13330.2023. «Стоянки автомобилей», Минстрой России, 2023.
6. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», Минстрой России, 2025.
7. СП 7.13130.2013. «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности», МЧС России, 2025.
8. СП 300.1325800.2017. «Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования», Минстрой России, 2019.
9. Волков А. П., Гримитлин А. М. Методика расчета вентиляционной системы парковки закрытого типа // Инженерные системы. 2014. № 3. С. 12–18.
10. Свердлов А. В., Волков А. П., Рыков С. В., Климович М. В., Волков М. А. Расчетные методы проектирования продольных струйных систем вентиляции автостоянок закрытого типа // АВОК. 2016. № 7. С. 22–28.
11. ASHRAE Handbook — HVAC Applications. Chapter 15: Enclosed Vehicular Facilities. — Atlanta: ASHRAE, 2023.
12. Гримитлин, А. М. Свердлов, А. В. Волков А. П. Продольная противодымная вентиляция закрытых автостоянок для электромобилей // Инженерные системы. 2023. № 2. С. 2–7.

Features of air flow movement with harmful impurities in the underground car park space

Kornev N.A., Titkov D.G., Rymarov A.G.
Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

Modern residential, office, and commercial buildings are often equipped with underground car parks, where it is necessary to create the required air quality parameters due to the release of harmful substances into the air from the combustion process in car engines. Therefore, the organization of ventilation in these areas is of great importance. Therefore, the organization of ventilation in these areas is of great importance. The streams of harmful substances include CO, NOx, CH, CO_2, and soot, which must be removed from the parking space to reduce their concentrations below the maximum permissible concentration. Cars in the parking lot are also sources of heat from their heated engines, which causes upward convective currents to form above the heated hoods. These currents create air circulation in the underground parking lot, carrying harmful substances that can be detected. Information about the direction of air currents in an underground car park allows you to adjust the air removal so that you can remove as much harmful impurities as possible, increasing the efficiency of the ventilation system, which must take into account the physical characteristics of air circulation in an underground car park.

Keywords: underground parking lot, ventilation, pollution stratification, convective flow.

References

1. GOST 12.1.005-88. Occupational Safety Standards System. General Sanitary and Hygienic Requirements for Working Area Air/Standards Publishing House, Standards Publishing House, 2000.
2. Shepelev I.A. Aerodynamics of Air Flows in a Room. - Moscow: Stroyizdat, 1978. 145 p.
3. Rymarov A.G. Building Gas Regime // Natural and Technical Sciences. 2012. No. 6 (62). pp. 595-599.
4. Rymarov A.G., Titkov D.G. Aerodynamics of an Underground Utilities Collector // Natural and Technical Sciences. 2015. No. 2 (80). pp. 144-147.
5. SP 113.13330.2023. "Car Parking", Ministry of Construction of the Russian Federation, 2023.
6. SP 60.13330.2020 "Heating, Ventilation, and Air Conditioning", Ministry of Construction of the Russian Federation, 2025.
7. SP 7.13130.2013. "Heating, Ventilation, and Air Conditioning. Fire Safety Requirements", Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, 2025.
8. SP 300.1325800.2017. "Jet Ventilation and Smoke Exhaust Systems for Underground and Indoor Parking. Design Rules", Ministry of Construction of the Russian Federation, 2019.
9. Volkov A.P., Grimitlin A. M. Methodology for calculating the ventilation system of a closed parking lot // Engineering systems. 2014. No. 3. pp. 12–18.
10. Sverdlov A.V., Volkov A.P., Rykov S.V., Klimovich M.V., Volkov M.A. Calculation methods for designing longitudinal jet ventilation systems for closed parking lots // AVOK. 2016. No. 7. pp. 22–28.
11. ASHRAE Handbook — HVAC Applications. Chapter 15: Enclosed Vehicular Facilities. — Atlanta: ASHRAE, 2023.
12. Grimitlin A.M. Sverdlov A.V., Volkov A.P. Longitudinal smoke ventilation of closed parking lots for electric vehicles // Engineering systems. 2023. No. 2. P. 2–7.

INNOVACII i INVESTICII
№7 2026
научно-аналитический журнал
ISSN 2307-180X
ИННОВАЦИИ "ИНВЕСТИЦИИ

INNOVATION MANAGEMENT

A Model for Enhancement of Innovative Potential in a Regional Applied Research Ecosystem. Arakelyan, A.M., Tyukavkin, N.M. 5
Small Innovative Enterprises: Their Role and Place in Modern Russian Finance. Georgiev, G.A., Bazhenov, O.V., Nadobnikov, E.V. 8
Innovative Activity in an Industrial Park Ecosystem: Participants, Functions, and Risks. Gorovoy, A.A., Zaitsev, D.V. 12
The Role of Innovation Clusters in the Development of Small Innovative Entrepreneurship (using the pharmaceutical industry in the Kaluga Region as an example). Zlobin, N.O. 15
Innovative Framework for Integrating Digital HR Tools into an Organization's Management System. Kuzovikhin, A.A. 19
Development of Innovation Management Methods in ICT: A Regional and Sectoral Aspect. Lavrov, V.S. 23
The Role and Potential of Innovative Technologies in the Management of Modern Educational Organizations: Using School Education as an Example. Polukarova E.A. 26
Management Tools for Preliminary Selection of Innovative Startup Projects in the Context of Digital Transformation of Healthcare. Saakyan A.K. 30
Advanced Organizational Development Based on a Model for Managing Innovative Potential Growth. Nazyuta S.V., Chursin A.A., Shiboldenkov V.A., Tarzhmanova R.Sh. 33
Digitalization of Educational Assessment: Innovative Solutions and Possibilities for Creating Academic Performance Databases. Titov V.E. 38
Improving Company Performance through the Implementation of Innovative Management Solutions. Haidar Fauzi, Semenova Yu.E. 42
Technological Innovations for Carbon Neutrality in the Context of Sustainable Development of Industrial Enterprises. Chu Yan 46

INVESTMENT MANAGEMENT

Project Risk Profile as a New Tool for Optimizing the Pre-Investment Phase. Truba A.S., Butova T.V., Voityuk V.N. 50
Development of a Methodology for Assessing the Economic Efficiency of Investment Projects. N.R. Evseev. 54
Dynamic Optimization of an Investment Portfolio in Conditions of Market Uncertainty. G.S. Ignatikov, T.A. Popova. 57
A Mechanism for Increasing the Investment Attractiveness of Agricultural Production in a Region. L.A. Ovsyanko, S.V. Moskalenko. 60
A Mode-Dependent Model of Dynamic Optimization of an Investment Portfolio: An Empirical Analysis of the Russian Financial Market. S.V. Natalenko. 64
Assessing the Conditions of State Support for Large Investment Projects: The Case of the Copper Industry. I.A. Naumov, S.N. Pasternak, O.A. Marinina. 68
Methodological Approaches to a Comprehensive Assessment of a Company's Current Investment Attractiveness. E.A. Nikitina, I.I. Smorodin, D.D. Dmitrieva. 73
Investment Attractiveness of Gas Projects: Payback Factors and Development Limitations. Sikorsky, A.I. 78
Formation of Investment Policy in New Subjects of the Russian Federation under Sanctions. Yurina, T.S. 82

THEORY AND HISTORY OF ECONOMY

Entrepreneurship through the Lens of Buddhist Philosophy. Aksenova, M.D. 85
The Role of Steam Engines in the Efficiency of Firefighting in the Capital of the Russian Empire. Borodin, M.P. 88
Theoretical Aspects of Forecasting Regional Economic Systems in the Context of Spatial Differentiation. Klokov, M.D., Lebedev, K.A. 92
A Study of the Value of Digital Economic Transformation of Enterprises in the Age of Artificial Intelligence. Li Yazheng 95

GLOBAL EXPERIENCE

Energy Security in the New Geopolitical Reality: Expanding the Concept and Modern Threats. Araslanov, R.F. 98
Digital Platforms as a Factor in the Cross-Border Economic Integration of the Eurasian Economic Union. Volkov, G.A. 100
Development of the Regulatory Environment for Digital Financial Assets in the Context of Digitalization of the US and Russian Securities Markets. Zhalilov T.M., Belova L.G. 104
A Study on Assessing the Level of Economic Development of Xinjiang Border Crossing Points (China) within the Framework of China's High-Quality Development Concept. Zhejiah Amen, Bayan Adili 108
Efficiency of the Implementation of the National Project "International Cooperation and Export" in the Regions of the Siberian Federal District. Karaseva D.N. 112
Specifics of the Global Headwear Market in the Context of Ecosystem Resilience. Kuzmenko S.S. 114
Diagnosing the Maturity of Management Systems in Process-Oriented Organizations (Based on the Example of Companies in the Oil, Gas, and Energy Sectors of the Russian Federation). Pakunova V.A. 118
Regulatory Framework for Foreign Trade in Agricultural Goods of the Eurasian Economic Union Countries. Patrushev G.A. 121
Labor Migration as a Factor in Balancing the Russian Labor Market: An Economic Assessment of the Impact and Directions for Regulation. Popov D.A. 125
Pipeline Gas and China's Energy Security: A Comparative Analysis of Supplies from Russia, Turkmenistan, Kazakhstan, and Myanmar. Timonin I.I. 128
Trends in the Global Petroleum Product Market: An Analysis of the Current Situation and Growth Factors. Ulengova T.G. 132
Creating Common Price Benchmarks within BRICS: Challenges and Opportunities for Russia in the Context of Global Market Fragmentation. Fomin D.E. 135
Theoretical Mechanisms of the Influence of Changes in the Demographic Structural Influence of Economic Growth in East Asian Countries. Jiang Ling 138
Commodity and Geographical Structure of Grain Imports to China: Trends, Risks, and Optimization. Zhang Yibo 143
Global Dynamics of CO_2 Emissions: Trends, Challenges, and Prospects. Chu Yan 147
Germany's Energy Transition: Systemic Challenges and Adjusting the Sustainable Development Trajectory. Yuzhelevskaya M.V. 150
Analysis of Global Energy Policy Based on Trends in China and the Middle East. Kolenkova A.I., Kharlanov A.S. 154
Models of Adaptation of National Economies to Energy Transition and Decarbonization. Popadko N.V., Bibikhin A.D. 158

CONTROL THEORY. MANAGEMENT. MARKETING

Implementation of Digital Twin Technology to Optimize Enterprise Warehouse Logistics Processes. Kalimullina, O.V., Korablyov, A.V., Alekseeva, A.V., Korablyov, M.A., Nikitina, V.V. 162
The Evolution of ESG Communications in Russian State-Participated Companies: From Global Standards to a National Institutional Model. Altukhov, A.S. 167
Organizational Culture as a Factor in a Company's Transition from Entrepreneurial Management to a Process-Oriented Development Model. Al-Hamid, Malek, Jamal. 171
Corporate Branding as a Management Asset in a Restaurant Services Enterprise. Astvatsaturyants, V.V. 176
Improving Personnel Attraction Policies in a Labor-Shortage Market: The Case of the Pyaterochka Retail Chain. Berezovsky, K.S. 179
Digital Technologies in Conflict Management in Construction Organizations. Egorova, L.I., Geraskina, I.N., Aksenova, A.I. 182
The Role of Social Networks in Shaping Consumer Preferences. Godin V.V., Ezhova L.A., Oyner O.K., Shishkin A.V. 186
Fundamentals of Cost Reduction in the Contactless Instrument-Making Industry Through the Use of Substitute Devices. Epifantsev K.V. 189
Management Support for a Company Providing Installment Plans Based on Data Analysis and Visualization. Frolov Yu.V., Zhidkov A.L. 193
The Startup Culture Ecosystem in an Educational Organization: Structure, Participants, and Mechanisms for Shaping Students' Entrepreneurial Intentions. Zinin M.V. 198
Ensuring the Growth of Human Resource Potential in Biotechnology. Ketoeva N.L., Ivanova Yu.I. 201
The Humanitarian Vector in Product Development Management. Stoyanovich Dalibor, Karamyan I.R. 206
A Methodological Approach to Identifying Components of Internal Performance Assessment of Structural Units of a Medical Organization. Karpoeva, A.A. 209

JTBD as a Tool for Strategic Product Management in Innovative Companies. Kirsanov, D.V. 213
Creativity Development in High-Tech Companies. Klyueva, V.A., Lisitsyna, G.V. 216
Methodological Aspects of Assessing HR Risks in Wholesale Companies. Kozhin, V.G. 220
Transformation of E-Commerce Business Models Under the Influence of Artificial Intelligence Technologies: From Operational Efficiency to Ecosystem Competition. Korzhakov, V.A. 224
A Model for Optimizing Commodity Flows and Document Flow at Customs Infrastructure Facilities Based on Digital Twin Technology. Kustov, N.E. 227
A System of Indicators for Risk-Based Assessment of R&D Performance at an Industrial Enterprise. Lubenets, M.V. 230
Primary Participant Profile as an Analytical and Calculation Basis for Differentiated Management of the Human Resources Adaptation Process. Lukyanova, V.A. 233
A Study of the Mechanisms for Implementing the Strategic Concept of Asset Technical Condition Management in the Transport and Logistics Sectors. Maiorov, E.E. 237
Using Digital Twins to Enhance the Performance of Logistics Systems. Maiorov, E.E. 240
Staff Resistance to Organizational Change in IT Companies. Mottaeva, A.B., Khamzin, A.Kh. 243
Diagnostics and Assessment of Conflict Situations during Organizational Change in IT Companies. Mottaeva, A.B., Khamzin, A.Kh. 246
From Determinism to Adaptability: A Synergistic Model of a Corporate Project Management System under Uncertainty. Orleanskiy, F.A., Tolmachev, O.L. 249
Construction Process Management Models Based on Digital Platforms. A. A. Peleshok. 252
Methodology for Managing the Formation and Development of Managerial Personnel in Software Development Organizations. R. G. Pol'dvey. 255
Development of an Organizational and Managerial Model for Forming Managerial Personnel for IT Organizations in the Context of Digital Transformation. R. G. Pol'dvey. 258
Barriers to the Digital Transformation of Business Systems: Categories and Degree of Impact on the Process. Yu. I. Seliverstov, B. A. Rogozhnikov. 261
A Study of the Theoretical Foundations of the Phenomenon of Volunteering and the Activities of Volunteer Organizations. M. A. Samodelkina. 266
Modern Methods of Restructuring Industrial Enterprises. Sapar Kaiyrbek Seipiluly. 269
Extended Classification of Management Risks in Non-Commercial Media Organizations in the Context of Digitalization and Sanctions: A Tool for the Transition from Reactive to Proactive Management. Svaid Simon 273
Development of a Mechanism for Managing Sustainable Development of Industrial Enterprises Based on the Integration of Information Technologies. So Pya Hein, Badalova A.G. 276
Human Capital in Intergenerational Change Research: A Comparative Analysis of Classical and Modern Theories. V. V. Sologub 279
A Hybrid Neural Network Method for Monitoring the Quality of Processes for Improving the Resilience of Industrial Infrastructure in the Face of Negative Man-Made Impacts. A. Yu. Tumanov 283
Ensuring the Quality of the Industrial Infrastructure Monitoring Process in the Face of Negative External Impacts Using Hybrid Neural Network Models. A. Yu. Tumanov 287
Prospects for Applying the Organizational-Technological Reliability Method to Assess Control and Supervision Measures for Reconstruction. E. N. Karpushko, E. V. Shchekochikhina, M. V. Fetisov, N. S. Ulyanov, O. V. Vlasov 290
The Impact of Network Effects on Customer Experience: The Example of the Online Retail Market. K. A. Ushakov 294
Economic Evaluation of the Effectiveness of Digital Tools for Reducing Personnel Conflict Risks in an Organization. R. I. Khairutdinov 298
Automation and Management in the Era of Industry 4.0: The Role of Artificial Intelligence. Shakhovskoy, A.V., Goncharov, A.V., Rotanov, E.G., Sokolov, I.V. 303
Transformation of Communication Practices in State Support for Children with Disabilities. Aleksandrova, Yu.A., Agula, E.Yu. 306
Development of a Personnel Motivation System in Oil and Gas Companies Based on Generational Theory. Kolpakov, P.A., Salionova, P.A. 310
Staff Resistance as an Obstacle to Organizational Change. Balakireva, S.M., Aksenova, E.V. 314

ECONOMY OF INDUSTRIES AND REGIONS. STATE AND MUNICIPAL GOVERNANCE

Development of the IT Specialist Labor Market in the Context of the Digitalization of the Russian Economy. Alekseenkov, I.S. 317
Conceptual Model of a Combined Public-Private Partnership Project for the Creation of Social Infrastructure Facilities. Belyaeva, A.A. 320
Approaches to the Integration of Information Systems in Construction Companies in the Context of Import Substitution. Demchenko, A.O., Sokolova, D.Yu., Sokolov, D.V. 324
Index Method in the Analysis of Bilateral Trade and Economic Relations. Egiazaryan, A.R. 327
The Effectiveness of Integrating Artificial Intelligence Technologies into Production Management at Light Industry Enterprises. Eromchik, M.S., Silakova, V.V. 331
Methodology for Assessing the Organizational and Economic Efficiency of Implementing Innovative Diagnostic Imaging Solutions in a Medical Organization. Zhikharev, E.A. 334
Digital Risks as a Factor Limiting the Efficiency of Production Processes at High-Tech Enterprises. Zemenkov, N.S. 339
From National Standards to Comprehensive Digital Monitoring: A Comparative Analysis of Food Traceability Systems in Russia and China. Ivanova N.E. 343
Prospects for the Development of Livestock Farming in the Zaporizhia Region. Kalchenko S.V., Perepelitsa O.Yu. 346
Organizational and Economic Architecture of the Digital Module "Spatial Connectivity" as a Tool for Parametric Management of Labor Mobility. Kondratyev R.A. 349
Classification of Technical Solutions as the Basis for a Two-Circuit Approach to Engineering Forecasting the Effectiveness of Their Implementation in the Russian Shipbuilding Industry. Kokh L.V., Teplyashina A.M. 353
Diagnosing Limitations in the Reproduction of Human Resource Potential and Forecasting Structural Deficits in Shipbuilding Clusters. Kurovsky S.V., Mishin D.A., Vakhlanov R.Yu. 358
Measuring the Balanced Development of the Scientific and Technological Initiative: A Cross-Country Model for Coordinating Linkages. Liu Fangchen 362
Strategic Realignment of Foreign Economic Activities of Russian Industrial Companies in the Context of a New Geoeconomic Configuration. Ovchinnikov, D.N., Murtuzalieva, S.Yu. 366
Digital BIM technologies as a factor in increasing the competitiveness of construction universities. Nabiev, D.N., Shapovalov, D.M. 370
Methodology for developing composite indicators of helicopter competitiveness at the tender selection stages. Nasenkova, E.I. 374
Assessing the economic efficiency of the ESG transformation of Arctic oil and gas projects. Pavlikov, I.I. 377
Driver of economic growth in the Russian Federation: through the monopolization of sales and production markets in Central Asia. Polonov, A.A. 381
Development of the aviation security system of the Kyrgyz Republic in the context of civil aviation modernization. Salmorbekova, R.B., Ismailova, Zh.K., Zhunushalieva, K.A., Saparbekova, A.Zh. 384
A systems approach to managing remote and hard-to-reach areas. Serdechny D.V., Goncharova E.A., Kuzmenko M.D., Chikina V.S. 388
Clarification of the Conceptual Framework of Entrepreneurial Activity in the Hydroconstruction Sector of the Azov-Black Sea Basin. Tkachenko D.D. 392
Three-Component Structure of Sports Services and Gaps in Industry Development: Interpretation of Extensive Growth and Territorial Asymmetry. Khabarov D.A., Sobolevskaya O.V. 396
Analysis of the Development of the AIC of the Russian Federation. Khalyapin A.A. 400
Accounting for Regional Heterogeneity in Regional Forecasting Using Data Science. Chupin E.A. 405
Barriers to the Development of the Coal Mining Industry in the Regional Economy: Logistics, Market, and Environmental Constraints (using the Trans-Baikal Territory as an Example). Shchadov V.M. 409
A Model for Assessing the Effectiveness of Innovative Activity of Mechanical Engineering Enterprises. Yudin V.A. 412
Economic Efficiency of Developing Hard-to-Recover Hydrocarbons in Russia: Problems and Prospects. Pashinin O.A. 416
Risk-Based Monitoring of the Implementation of State Programs of a Subject of the Russian Federation: Tools for Assessing and Preventing Deviations. Evloev A.-M.D., Sopilko N.Yu. 420
Benefits and Risks of Implementing Platform Ecosystems: Strategic Recommendations for Business. Semeshkin N.I. 423

MODERN TECHNOLOGIES

The Impact of Audio and Visual Cues on the Success of Completing Practical Tasks in a Virtual Environment. Gavrilov S.V., Ponomarev N.A., Abdyusheva A.D. 425
Comparative Analysis and Tuning of Modern NLP Models for Processing Professional Texts (using Clinical Data as an Example). Alliti D.B., Ilyin I.V. 428
Analysis of Pre-Start Warm-Up Options for SM-2 Snowplow Diesel Generator Sets at Low Temperatures in the Far Eastern Directorate for Track Machine Repair and Operation. Bulanov, A.K., Vainer, L.G. 432
Functional Requirements for the Design of a Voice-Assisted Robot for Working in an Information System. Vasiliev, M.S. 436
On Data Migration in the Context of the Transition of Software Modules to a Domestic Platform. Vasiliev, M.S. 439
Resource and Environmental Issues of Tin-Polymetallic Ore Beneficiation in Khabarovsk Krai and Solutions. Volosnikova, G.A., Zolotov, A.M. 442

Modernization of a Mobile Laboratory Complex for Motor Fuel Quality Control to Reduce Environmental Risks (using the example of JSC NNK-Khabarovsknefteprodukt). Boyarshinova, Yu.V., Volosnikova, G.A. 447
Security of Public Wi-Fi Networks: Threats, Protective Measures, and Efficiency Assessment. Kruglov A.M., Ukhinova N.N., Voronovich O.A., Edlichko M.V. 452
Experience with Social Media Regulation in China: The Xiaohongshu Case and Adaptation Possibilities in Russia. Vykhodtseva E.A., Karpacheva V.A., Dolmatovich I.A., Geokchakyan A.G., Yahya Lays 455
Methods for Improving Fault Tolerance in Distributed Services. Galanina V.A. 458
Automation of Regulatory Selection of Natural Water Purification Technologies Using the Aquaselect Software Package. Boronina L.V., Prodous O.A., Oganyan A.V., Simonyan P.S., Dobrinskaya A.A. 461
A Complex of Waste Gasification Technologies Without Emissions and Landfills for the Health of Humans, Animals, and the Environment. Zharkov, I.V. 465
Application of Autoencoder-Class Neural Networks in Scientific Research. Karpov, D.S., Karpova, Z.M. 468
Modern OFDM-Based Modulation Methods for Visible-Band Communication Systems: Analysis and Development Prospects. Kasatkin, D.V. 472
Optimization of DBMS Queries Based on Machine Learning. Klimov, S.E., Klimov, I.S. 476
Query Optimization Methods for Improving DBMS Efficiency. Mokrova, N.V., Klimov, I.S. 480
Software Heuristics for Controlling an LLM Agent in a Patent Search Problem: From Search Plan to Final Report. Polulyakh, V.V., Stuchilin, V.V. 483
Analytical Assessments of FPGA-FaaS Board Pool Capacity with Dynamically Generated Shells. Stepanidenko, D.S., Shtrecker, E.N. 487
Abstraction and Memory Isolation of User-Defined Functions in FPGA-FaaS with Dynamically Generated Shells. Stepanidenko D.S., Shtrecker E.N. 490
Energy Efficiency of Various Methods of Mechanical Dewatering of Industrial Wastewater Sludge. Tian Yiwen 493
Determining the Parameters of a Scissor-Type Lift Mechanism in Hotel Cleaning Robots. Chernyshev A.D., Metelsky G.I., Filkin V.V., Kapitonov V.S., Shcherbinkina I.N. 496
Application of Data Mining Methods to Optimize Information Systems. Shevnyakov S.V., Pankov K.A., Afanasyev A.V., Maleev V.A. 500
An Integrated Approach to Ensuring Trouble-Free Operation of Metal Roof Trusses Based on Surveying and Automated Monitoring. Shuvalov, A.N., Pateev, D.R., Zaretsky, E.A., Morozov, A.V. 503
Prospects for Digitalization of High-Speed Tram Power Supply Systems: Smart Substations and Adaptive Load Management Algorithms. Yashchenko, D.S., Samozhey, O.S. 507
Comparative Evaluation of the Economic Efficiency of Steel- and Matrix-Case PDC Bits in the Russian Market. Polaeva, G.B., Khuseynov, R.V. 511
A Hybrid Method for Detecting and Neutralizing Computer Attacks on Computing Systems. Borisovskaya, O.V., Borisovskaya, A.A. 514
Reducing Economic Losses of a Grid (Digital) Company from Computer Attacks Based on a Hybrid Neural Network Method. Borisovskaya, O.V., Borisovskaya, A.A. 517
Mounting System for the ADS-MADI Mobile Road Laboratory Equipment. Nikitaev M.M., Varshavsky S.V., Soloviev M.A. 520

FINANCE. TAXATION. INSURANCE

Adaptive Regulation of Digital Financial Assets in Russia: New Opportunities for Investors. Akbasheva D.N., Manyakhin T.V. 524
A Comprehensive Model for Company Valuation Based on a Synthesis of Modified Approaches. Durinin P.D. 526
Dynamics of the Russian Life Insurance Market in 2017–2024 and Prerequisites Introduction of Shared Insurance. Popova T.A., Ermoshenko S.A. 529
Digitalization of Value Chains in Extractive Industries: Opportunities for Improving Transparency, Accountability, and Fairness in Developing Countries. Zlobin N.O. 533
Green Financing as a Driver of ESG Transformation of Industrial Enterprises: A Comparative Analysis of Strategies of Chinese and Russian Banks (2021–2025). Kochetkova D.V. 537
Analysis of the Efficiency of Financing Enterprise Turnover Using Advance Payments. Lagunovskaya E.O. 540
Development and Evaluation of Measures to Improve the Financial Stability of Organizations in the Russian Construction Industry. Nachev P.V. 544
Concept for an Integral Assessment of the Financial Performance of Enterprises' Foreign Trade Transactions. Permyakov M.V., Gutin E.M. 547
Assessing the Resilience of the Financial Condition of Russian Corporations to External Macroeconomic Shocks Based on Scenario Analysis. Knyazhev U.V. 551

MATHEMATICAL, STATISTICAL, AND INSTRUMENTAL MODELING

Mathematical Models of Global Economic Development in a Multipolar World: A Review of Approaches and Prospects for Methodological Synthesis. Ageenko, I. Yu. 555
Segmentation of Student Educational Data by a Set of Validation Metrics. Stamplevskaya, M. M., Vladova, A. Yu. 560
Application of Reinforcement Learning Methods to Economic Models with Elements of Optimal Control. Delev, A. P., Anikin, R. A., Suslov, E. P., Koluzanov, F. E., Smolyanov, B. D. 564
Probabilistic Gradient Boosting Methods in Forecasting the Parameters of Financial Asset Return Distribution. Enikeev, E. M. 567
Development of a Decision Support System for Sustainable Regional Development. Ilyasov, R. M. 570
Integrated Assessment of the Efficiency of a System for Promoting Industrial Goods on a Regional Market in a Digital Economy. Kravchenko, M.N. 574
Development of Economic Analysis of Business Activity by Developing a Methodology for Constructing Subordinated Management Analytics. Kruglova, A.S. 579
Modeling Relationships in the Dental Implant Market Based on Asymmetric Vector Autoregression. Lezhnin, D.S. 583
The Impact of the COVID-19 Pandemic on Enterprises in the Republic of Sakha (Yakutia): Bayesian Analysis and Clustering for 2017–2024. Mestnikov, S.V., Soliman Mohsen. 585
Methods for Modeling and Representing Business Processes in Interactive Educational Environments. Ovchinnikova, O.P., Savina, A.Yu., Soshnikova, P.O. 589
Methodology for Integrating Artificial Intelligence and Big Data into a Corporate Project Management System: Architecture and Algorithms. Orleanskiy, F.A. 593
Comparative Analysis of Ensemble and Linear Machine Learning Models for Forecasting Budget and Timeline Deviations in Intersectoral Innovative Projects. Teslyuk V.S., Rubtsov A.M., Tetkina E.V. 596
Algorithmic Transparency as a Trust Factor in AI in Public Administration: Development and Validation of an Indicative Assessment Model. Rudenko M.I. 600
Selection of Basic Machine Learning Algorithms for a Hybrid Credit Scoring Model. Fedolov I.A. 604
A Two-Stage Model for Forecasting Multitarget Events under Extreme Class Imbalance. Shirinova R.A., Shchukina N.A. 607

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

From a Periodically Flooded Settlement to an Amphibious Sponge City: An Architectural Typology of Life with Water. Korsi M.V. 610
SCAN-to-BIM Flowchart for the Reconstruction of Multi-Story Buildings. Ivakina Yu.Yu., Sergeeva S.Yu., Batalov K.S. 613
Preservation of Historic Chapels from the 17th-20th Centuries in the Novgorod Region. Baulina E.N., Timofeeva Yu.V. 617
Development of the Historic Center in Tsarskoye Selo (Based on the Block Bounded by Moskovskaya, Naberezhnaya, Malaya, and Konyushennaya Streets). Baulina E.N., Pavlovskaya V.F. 621
Problematic Aspects of Preserving Historic Performance Buildings: The Case of Two Russian Drama Theaters in Kazan. Musina K.I., Bedenko I.V. 626
The Impact of the Choice of Tennis Surfaces on the Functional Planning Solution for Tennis Academies. Shamaeva T.V., Borshkova K.A. 630
Comparative Analysis of Econometric and Machine Learning Methods for Forecasting Macroeconomic Indicators. Gladkikh R.E., Tevyashov M.M., Seliverstov A.V., Alekseev A.I. 634
On the Revitalization of Cultural Heritage Sites (using the Bezobrazova Dacha in St. Petersburg as an Example). Gordeeva T.E., Bashkirova E.A. 637
Revitalization of 19th-Century Industrial Architecture: The Concept of Converting the Bobrov Merchants' Mill (near Protvino) into a Rehabilitation Center. Gorodova M.N., Gutnikova A.A. 641
Features of Working with Point Clouds in Modern Software Packages. Guryeva Yu.A. 645
Factors Transforming the Architecture of Agricultural Sites in Russia. Dremin V.D. 649
Economic Assessment and Mechanisms for Modernizing the Infrastructure of Children's Recreation and Health Organizations: A Case Study of the Major Overhaul of the Medical Unit of the Volyn Municipal Health Camp. Timofeeva R.A., Dyachuk F.A. 654
Behavior of a Beam Made of Lightweight Expanded Clay Concrete under Bending Moment. Zhazzan Mukhannad, Markovich A.S., Kbeyli Jaafar, Ob Aref, Mahmoud Abdelsalam Aid. 658
Fractal Mathematics and Geometry in Iranian Architectural Ornamentation. Maryam Haddadi, A.D. Islomova, M.N. Gorodova. 661
Children's Infrastructure in the Residential Environment: The Case of Large World Cities: Helsinki, Copenhagen, and London. M.Yu. Vilensky, P.V. Kalinina. 666
Canonical and Liturgical Foundations of Sacred Space Organization. A.A. Lavrentyev, I.A. Lavrentyev, N.R. Nasyrov, O.S. Karpus. 671
Architectural Barriers to Sustainable Mid-Rise Housing Construction in Ghana. Eugene Neizer, Kissi. 674
Reconstruction of Mass Low-Rise Standard Housing of the 1960s–1980s in Small Russian Towns: Principles of Functional Hybridization and Climate Adaptation. Kuzmin, R.B., Akchurin, Yu.R. 678

Optimization of Technological Solutions for the Installation of On-Site Local and Autonomous Engineering Networks for Modular Buildings, Taking into Account the Inherent Design Capabilities of Their Superstructures and Extensions. Lukov, A.V. 681
Architectural Planning Model of an Autonomous Settlement in the Far North with an Integrated Energy Infrastructure. Mareeva, A.A. 685
Prerequisites for the Formation of the Architectural Style in Scandinavian Countries in the 20th Century. Mikhailov, I.V., Manukyan, V.A., Gorodova, M.N. 689
Formation of Spatial and Social Qualities of the Residential Environment in Modern Mid-Rise Development. Bazhenova, E.S., Mytnitskaya, M.L., Bondarenko, E.R., Kolobyakina, A.A., Mazanov, K.M. 693
Public Space Interiors as Dynamic Systems: Adaptation Principles Using Artificial Intelligence Technologies. Naumova K.B., Bulgakova E.A..... 969
Architectural Features of Brick Cultural Heritage Sites in Orenburg. Guryeva V.A., Blinkova Yu.V., Odintsov A.R. 699
A Study of the Resistance of Concrete with Organomineral Additives to the Effects of Chlorides and Carbonation. Petrunovsky D.V. 702
On the Development Trajectories of the "Paper Architecture" Movement. Pilipenko V.I. 706
Planning and Design of a Gas Supply System for a Rural Settlement. Efremova T.V., Platonov A.A. 710
Problems and Prospects for the Development of Shartash Forest Park. Popova I.N., Ivanova O.G., Vyukhin M.V. 712
An Integrated Approach to the Design of the Architectural Environment of Cottage Villages in Southern Russia: A Case Study of Kamensk-Shakhtinsky. Reznitskaya, L.M., Kharseeva, V.M. 715
Zones of Influence of Transport Hubs: A Case Study of the Moskovsky Prospekt Transport Hub in St. Petersburg. Semenova, U.N., Bobrova, E.G. 720
Methods for Structuring Residential Development in Historic Districts: A Case Study of Moscow. Sirotin, V.I. 724
The Impact of Chimney Insulation on Heat Losses of Indoor Gas Boilers. Efremova, T.V., Skokov, A.A. 729
Reasons for Delays in Reconstruction and Repair of Heating Networks. Smirnova, T.I., Zalipaeva, O.A..... 732
A Method for Improving the Structural Safety of Reconstructed Buildings and Structures (A Case Study of a Multi-Story Public Building in a Historic District). Soitu N.Yu., Aleynikova M.A. 735
Radiation Resistance of Structural Materials for the Martian Research Base: Analysis of Interaction Mechanisms and Protection Strategies. Florensky V.M., Belov V.V. 739
Automation of Utility Routes Based on Artificial Intelligence Algorithms within the TIM/BIM Environment. Frolova A.A., Valyukh A.B., Antonov A.I., Konkov V.A., Khromov P.S. 744
The Potential of Greenhouse Facilities in the Formation of Year-Round Public Spaces in Siberian Cities. Tsybulsky I.D. 748
Methods of Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Building Structures in Morocco. Shaoui Aya, Abou Mahadi Mohammed Ibrahim 752
Mechanical Properties and Durability of Concrete with Recycled Aggregates. Shaoui Aya, Abu Mahadi Mohammed Ibrahim 756
Comparative Analysis of Fiber-Reinforced Concrete Types by Reinforcing Fiber Types in Architectural Decor. Sharipov Kh. 760
Using UML Modeling to Structuring Construction Supervision Processes. Shakhramanyan A.M., Filippov A.A. 764
Using Liminality Principles in the Revitalization of Post-Industrial Spaces. Shefer V.V. 768
Theatre and Concert Halls of Yemen: Between Tradition and Modernity. Gubran Abdulmalek Ali Abdo Abdullah 773
Characteristics of Air Flow Movement with Harmful Impurities in an Underground Parking Space. Kornev N.A., Titkov D.G., Rymarov A.G. 775