Методический подход к анализу эффективности использования энергоресурсов на промышленном предприятии

Кокшаров Владимир Алексеевич
доктор экономических наук, профессор, кафедра «Экономика транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения, vakoksharov@mail.ru

В статье анализируется система обобщающих и частных показателей, с помощью которых можно оценивать эффективность использования энергоресурсов на промышленном предприятии и выстраивать структурно-логическую модель факторного анализа энергоемкости. На примере расчетов показывают как с помощью обобщающих и частных показателей можно анализировать энергоемкость продукции и делать определенные выводы по реализации энергетической политики в рамках организации энергоэффективности и энергосбережения производственного процесса на промышленном предприятии. Резервы сокращения затрат устанавливается по каждой статье расходов за счет конкретных инновационных мероприятий по энергопотреблению.
Ключевые слова: эффективность, энергетические ресурсы, энергоемкость, факторный анализ, энергоэффективность.

Для характеристики эффективности потребления энергетических ресурсов необходимо применять систему обобщающих и частных показателей.

Обобщающие показатели – это прибыль на рубль энергетических затрат, энергоотдача, энергоемкость, коэффициент соотношения темпов роста объема Производства и энергетических затрат, удельный вес энергетических затрат в себестоимости продукции, коэффициент энергетических затрат.

Прибыль на рубль энергетических затрат – наиболее обобщающий показатель эффективности использования энергетических ресурсов; определяется отношением суммы полученной прибыли от производственной деятельности на сумму энергетических затрат.

Энергоотдача – определяется делением стоимости производственной продукции на сумму энергетических затрат. Этот показатель характеризует отдачу энергоресурсов, т.е. количество произведенной продукции с каждого рубля потребленных с каждого рубля потребленных энергоресурсов (топлива, теплоэнергии, электроэнергии, вторичных энергоресурсов).

Энергоемкость продукции (отношение суммы энергетических затрат к стоимости произведенной продукции) – показывает, сколько энергетических затрат требуется или фактически приходиться на производство единицы продукции [1].

Коэффициент соотношения темпов роста объема производства и энергетических затрат – определяется отношением индекса валового производства продукции к индексу энергетических затрат. Он характеризует в относительном выражении динамику энергоотдачи и одновременно раскрывает факторы ее роста.

Удельный вес энергетических затрат в себестоимости продукции – исчисляется отношением суммы энергетических затрат к полной себестоимости произведенной продукции. Динамика этого показателя характеризует изменение энергоемкости продукции.

Коэффициент энергетических затрат – представляет собой отношение фактической суммы энергетических затрат к плановой, пересчитанной на фактический объем выпущенной продукции. Он показывает, насколько эффективно используются энергоресурсы в процессе производства, нет ли перерасхода по сравнению с установленными нормами. Если коэффициент больше единицы, то это свидетельствует о перерасходе энергетических ресурсов на производство продукции, и наоборот, если меньше единицы, энергетические ресурсы использовались более экономично, чем планировалось.

Частные показатели применяются для характеристики эффективности использования отдельных видов энергетических ресурсов (электроемкость, топливоемкость, вторичные энергоресурсы и др.), а также для характеристики уровня энергоемкости отдельных изделий.

Удельная энергоемкость может быть исчислена как в стоимостном выражении (отношении стоимости всех потребленных энергоресурсов на единицу продукции к ее оптовой цене), так и в натуральном или условно-натуральном выражении (отношение количества или массы израсходованных энергетических ресурсов на производство i – го вида продукции к количеству выпущенной продукции этого вида).

В процессе анализа фактический уровень показателей эффективности использования энергоресурсов сравнивают с плановым, изучают их динамику и причины изменения (рис. 1), а также влияние объема производства на расход энергоресурсов.

Общая энергоемкость зависит от объема выпуска продукции и суммы энергетических затрат на ее производство. Объем же выпуска продукции в стоимостном выражении (ВП) может изменяться за счет количества произведенной продукции (VВП) ее структуры ($У_{Дi}$) и уровня отпускных цен (ЦП). Сумма энергетических затрат (ЭП) также зависит от объема произведенной продукции, ее структуры, расхода энергоресурсов на единицу продукции, стоимости

энергоресурсов (ЦЭ). В итоге общая энергоемкость зависит от объёма произведенной продукции, ее структуры, норм расхода энергоресурсов на единицу продукции, цен на энергетические ресурсы, отпускных цен на продукцию.

Факторную модель энергоемкости можно представить следующим образом[2]:

$$ЭП = \frac{ЭЗ}{ВП} = \frac{\sum\left(VЭП_{общ} \cdot У_{Д_i} \cdot У_{Pi} \cdot ЦЭ_i\right)}{\sum\left(VВП \cdot У_{Д_i} \cdot ЦП_i\right)}$$

Используя данные табл.1 влияние данных факторов на энергоемкость можно определить способом цепной подстановки (табл. 2).

Из таблицы видно, что энергоемкость в целом возросла на 1, 7 коп., в том числе за счет изменения:

Объем энергопотребления 43,88 – 43,75 = +0,13 коп.;

Структура энергопотребления 46,71 – 43,88 = +2,83 коп.;

Удельный расход

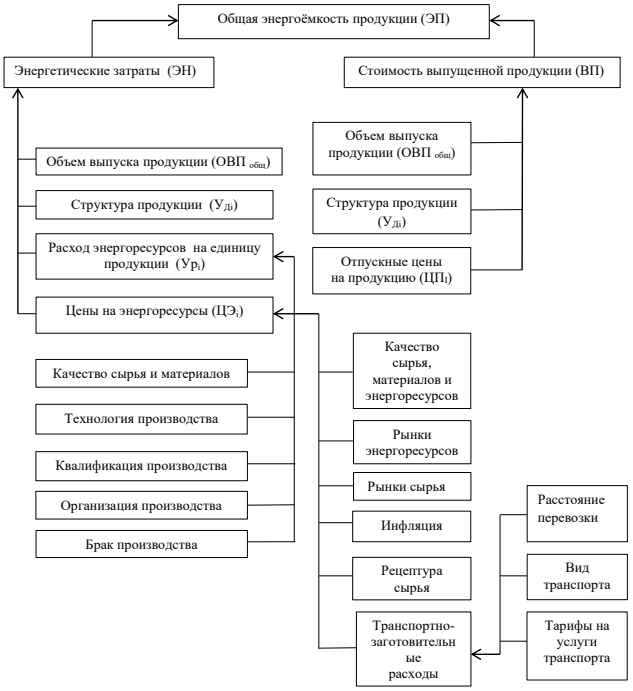


Рис. 1 Структурно-логическая модель факторного анализа энергоемкости

Таблица 1
Данные для анализа энергоёмкости продукции

Показатель	Алгоритм расчета	Сумма, тыс. руб.
1.Затраты энергоресурсов на продукцию:		
базового период	$\sum(VЭП_{io} \cdot У_{io} \cdot ЦЭ_{io})$	35 000
b) базового периода, пересчитанного на фактическое потребление энергоресурсов при сохранении базовой структуры	$ЭП_o \cdot ВП_1 / ВП_0$	33 350
в) по базовым нормам и ценам на фактический объем энергопотребления	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{io} \cdot ЦЭ_{io})$	39 050
г) фактически по базовым ценам	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{i1} \cdot ЦЭ_{io})$	37 600
д) фактически отчетного периода	$\sum(VЭП_{i1} \cdot У_{i1} \cdot ЦЭ_{i1})$	45 600
2. Стоимость валового выпуска продукции:		
а) базового периода	$\sum(VВП_{io} \cdot ЦП_{io})$	80 000
б) фактически при базовой структуре и базовых ценах	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{io}) \pm \Delta ВП_{стр}$	76 000
в) фактически при фактической структуре по базовым ценам	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{io})$	83 600
г) фактически в отчетном периоде	$\sum(VВП_{i1} \cdot ЦП_{i1})$	100 320

Таблица 2
Факторный анализ энергоемкости продукции

Показатель	Условия расчета					Расчет энергоемкости	Уровень энергоёмкости
	Объем энергопотребления	Структура энергоресурсов	Расход энергоресурсов на изделие	Цены на энергоресурсы	Цены на продукцию		
ЭН0	t_0	t_0	t_0	t_0	t_0	35 000: 80 000	43,75
$ЭН_{усл1}$	t_1	t_0	t_0	t_0	t_0	33 350: 76 000	43,88
$ЭН_{усл2}$	t_1	t_1	t_0	t_0	t_0	39 050: 83 600	46,71
$ЭН_{усл3}$	t_1	t_1	t_1	t_0	t_0	37 600: 83 600	44,98
$ЭН_{усл4}$	t_1	t_1	t_1	t_1	t_0	45 600: 83 600	54,55
$ЭН_1$	t_1	t_1	t_1	t_1	t_1	45 600: 100 320	45,45

энергопотребления 44,98 – 46,71 = - 1,73 коп.;
Цен на энергоресурсы 54,55 – 44,98 = + 9,57 коп.;
Отпускных цен на продукцию 45,45 – 54,33 = - 9,10 коп.

Итого + 1,7 коп.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на предприятии в отчетном году увеличился удельный вес продукции с более высоким уровнем энергоемкости. Достигнута некоторая экономия энергоресурсов по сравнению с утверждёнными нормами, в результате чего энергоемкость снизилась на 1.73 коп., или на 3,95%. Наиболее существенное влияние на повышение энергоемкости продукции оказал рост цен на энергоресурсы в связи с инфляцией. За счет этого фактора уровень энергоемкости повысился на 9, 57 коп., или 21,8 %. Причем темпы роста цен на энергоресурсы превосходили темпы роста цен на продукцию. В связи с ростом отпускных цен энергоемкость снизилась, но не в такой степени, в какой она возросла за счет предыдущего фактора.

Далее необходимо проанализировать показатели частной энергоемкости (электроемкость, топливоемкость) как составные части общей энергоемкости (табл. 3).

Таблица 3

Показатель	Значение показателя		Изменения
	t_0	t_1	
Выпуск продукции тыс. руб.	80 000	100320	+20320
Энергетические затраты, тыс. руб.	9800	13100	+3300
В том числе			
Топливо	5600	7524	+1924
электроэнергия	4200	6576	+2376
Общая энергоемкость	12,25	14,05	+1,8
В том числе			
Топливоемкость	7,0	7,5	+ 0.5
электроемкость	5,25	6,55	+1,3

Следует изучить также энергоемкость отдельных видов продукции и причины изменения ее уровня: изменение удельного расхода энергоресурсов, их стоимости и отпускных цен на продукцию. Рассчитаем их влияние на энергоемкость ($ЭП$) изделия А способом цепной подстановки [3]:

$$ЭП_{i0} = \frac{\sum(У_{Pi0} \cdot ЦЭ_{i0})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 48{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{усл1} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i0})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 46{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{усл2} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i1})}{ЦП_{i0}} \cdot 100 = 60{,}0 \text{ коп.};$$

$$ЭП_{i1} = \frac{\sum(У_{Pi1} \cdot ЦЭ_{i1})}{ЦП_{i1}} \cdot 100 = 50{,}0 \text{ коп.};$$

Энергоемкость данного вида продукции повысилась в целом на 2 коп., в том числе за счет изменения:

расхода энергоресурсов на единицу продукции

$$\Delta ЭП_{ур} = ЭП_{ус1} - ЭП_0 = 46 - 48 = -2 \text{ коп.};$$

цен на энергоресурсы

$$\Delta ЭП_{цэ} = ЭП_{усл2} - ЭП_{усл1} = 60 - 46 = +14 \text{ коп.};$$

отпускных цен на продукцию

$$\Delta ЭП_{цп} = ЭП_1 - ЭП_{усл2} = 50 - 60 = -10 \text{ коп.};$$

Аналогичные расчеты делаются по всем видам продукции (табл. 4).

Таблица 4

Изделие	Энергоемкость, коп.				Изменение, коп.			
	t_0	Усл.1	Усл.1	t_1	Общее	В том числе за счет		
						УР	*ЦЭ*	*ЦП*
А	48	46	60	50	+2,0	- 2,0	+14	-10,0
Б	30	29,3	33,3	28,6	-1,4	- 0,7	+ 4,0	- 4,7
И т.д.	….	…..						

Последующий анализ должен быть направлен на изучение изменения расхода энергетических ресурсов на единицу продукции и цен на энергоресурсы.

Количество расходуемых энергетических ресурсов на единицу продукции может изменяться за счет качества материалов, замены одного вида другим, техники и технологии производства, организации материально-технического снабжения и производства, квалификации работников, изменения норм расхода, отходов и потерь. Эти причины устанавливаются по актам о внедрении мероприятий, извещениям об изменении нормативов затрат от внедрения мероприятий и т.д.

Стоимость энергоресурсов зависит также от их качества. Внутригрупповой структуры, рынков энергоресурсов, роста цен на них в связи с инфляцией, графика нагрузки энергетических мощностей и т.д.

Зная факторы изменений суммы энергетических затрат, влияние их на уровень энергоемкости можно определить следующим образом [4]:

$$\Delta ЭП_{X_i} = \Delta ЭЗ_{X_i} / ВП_0,$$

где $\Delta ЭП_{X_i}, \Delta ЭЗ_{X_i}$ – абсолютный прирост соответственно энергоемкости и энергетических затрат за счет i-го фактора.

Если какой-либо фактор воздействует одновременно на сумму энергетических затрат и объема производства продукции, то расчет его влияния на изменение уровня энергоемкости производится следующим образом

$$\Delta ЭП_{X_i} = \frac{ЭЗ_0 + \Delta ЭЗ_{X_i}}{ВП_0 + \Delta ВП_{X_i}} - \Delta ЭП_0.$$

Например, за счет использования более качественного энергоресурса для выпуска продукции сумма энергетических затрат возросла на 5300 тыс. руб., а стоимость произведенной продукции – 4700 тыс. руб. Энергоемкость из за этого повысилась на

Как уже отмечалось, одним из показателей эффективности использования энергетических ресурсов является прибыль на рубль энергетических затрат. Ее повышение положительно характеризует работу предприятия. В процессе анализа необходимо изучить динамику данного показателя, выполнения плана по его уровню, провести межхозяйственное сравнение и установить факторы изменения его величины. Для этого можно использовать следующую факторную модель[5]:

$$\frac{П}{ЭЗ} = \frac{П}{В} \cdot \frac{В}{ВП} \cdot \frac{ВП}{ЭЗ} = R_{об} \cdot Д_{РП} \cdot ЭО,$$

где $П$ – прибыль от реализации продукции;

$В$ – выручка от реализации продукции;

$R_{об}$ – рентабельность оборота;

$Д_{РП}$ – доля реализованной продукции в общем ее выпуске;

$ЭО$ – энергоотдача.

Расчет их влияния произведем по данным табл. 5.

Таблица 5

Данные для факторного анализа прибыли на рубль энергетических затрат

Показатель	Значение показателя		Изменение
	t_0	t_1	
Прибыль от реализации продукции (П), тыс. руб.	15 477	18587	+3120
Выручка от реализации продукции (В), тыс. руб.	83414	97120	+13 706
Объем выпуска продукции, тыс. руб.	80000	100320	+20 320
Энергетические затраты (ЭЗ), тыс. руб.	35000	45600	+10 600
Рентабельность оборота ($R_{об}$), %	18,55	19,15	+0,60
Доля выручки в общем выпуске продукции ($Д_{рп}$)	1,043	0,968	- 0,075
Энергоотдача (ЭО), руб.	2,286	2,2	- 0,086
Прибыль на 1 руб. энергетических затрат	44,22	40,78	- 3,44

Из табл. 5 видно, что в отчетном году прибыль на рубль энергетических затрат снизилась на 3,44 коп., или на 7,8%, в том числе за счет изменения:

энергоотдачи

$$\Delta ЭО \cdot Д_{РП_0} \cdot R_{об_0} = (-0,86)1,043 \cdot 18,55 = -1,66 \text{ коп.};$$

доли реализованной продукции в общем объеме ее производства

$$\Delta ЭО_1 \cdot Д_{РП} \cdot R_{об_0} = 2,2 \cdot (-0,75) \cdot 18,55 = -3,06 \text{ коп}$$

рентабельность продаж

$$\Delta ЭО_1 \cdot Д_{РП_1} \cdot R_{об} = 2,2 \cdot 0,96 \cdot (+0,60) = +1,28 \text{ коп.}$$

Углубить факторный анализ данного показателя можно за счет детализации энергоотдачи и рентабельности продаж, для чего можно использовать способ пропорционального деления (табл. 6). На основании результатов анализа следует выработать тактическую и стратегическую политику в области энергосбережения, направленную на повышение эффективности использования энергетических ресурсов на предприятии. В связи с этим большую актуальность приобретает определение источников резервов снижение себестоимости промышленной продукции (Р ↓ С) к которым следует отнести:

Таблица 6

Расчет влияния факторов второго порядка на уровень рентабельности энергетических затрат

Факторы изменения энергоотдачи	Изменение энергоотдачи	Изменение прибыли на рубль энергетических затрат
Объем выпуска продукции	+0,443	+8,55
Структура продукции	- 0,588	- 11,35
Удельный расход энергетических ресурсов на единицу продукции	+0,082	+1,58
Цены на энергетические ресурсы	- 0,340	- 6,56
Отпускные цены на продукцию	+0,317	+6,12
Итого	- 0,086	- 1,66

увеличение объема ее производства за счет более полного использования производственной мощности предприятия (Р ↑ VВП);

сокращение затрат на ее производство (Р ↓ З) за счет повышения уровня производительности труда, экономного использования сырья, материалов электроэнергии, топлива, оборудования, сокращения непроизводительных расходов, производственного брака и т.д.

Величина резерва снижения себестоимости единицы продукции может быть определена следующим образом

$$P \downarrow C = C_B - C_1 = \frac{З_1 - P \downarrow З + З_Д}{VВП_1 + P \uparrow VВП} - \frac{З_1}{VВП_1},$$

где C_1 и C_B – соответственно фактический и возможный (прогнозируемый) уровни себестоимости единицы продукции;

$З_1$ – фактические затраты на производство продукции в отчетном периоде;

$P \downarrow З$ – резерв сокращения затрат на производство продукции;

$З_Д$ – дополнительные затраты, необходимые для освоения резервов увеличения производства продукции;

$VВП_1, P \uparrow VВП$ – соответственно фактический объем и резерв увеличения производства продукции.

Резервы увеличения производства продукции выявляются в процессе выполнения производственной программы. При увеличении объема производства продукции на имеющихся производственных мощностях возрастают только переменные затраты (прямая зарплата рабочих, прямые материальные расходы электроэнергия, топливо и др.), сумма же постоянных расходов, как правило, не изменяется, в результате снижается себестоимость изделия.

Резервы сокращения затрат устанавливается по каждой статье расходов за счет конкретных инновационных мероприятий (внедрение новой, более прогрессивной техники и технологии производства, улучшения организации труда и др.), которые будут способствовать экономии заработной платы, сырья, материалов, энергии и т.д.

Резерв снижения энергетических затрат (Р ↓ ЭЗ) на производство запланированного выпуска продукции за счет внедрения энергоэффективных технологий можно определить следующим образом [6; 7]

$$P \downarrow ЭЗ = \sum (УР_1 - УР_0) \cdot VВП_{пл} \cdot Ц_{пл},$$

где $УР_1, УР_0$ – расход энергетических ресурсов на единицу продукции соответственно до и после внедрения инновационных мероприятий;

$VВП_{пл}$ – планируемый объем производства продукции;

$Ц_{пл}$ – плановые цены на энергоресурсы.

Резерв сокращения расходов на содержание основных средств за счет реализации, передачи в долгосрочную аренду, консервации и списания ненужных , лишних , неиспользуемых зданий, машин, оборудования $(P \downarrow ОС)$ определяется умножением первоначальной их стоимости на норму амортизации НА:

$$P \downarrow А = \sum (P \downarrow ОС_i НА_i).$$

Резервы экономии накладных расходов выявляются на основе их факторного анализа по каждой статье затрат за счет обоснованного сокращения аппарата управления, экономного использования средств на командировки , почтово-телеграфные и канцелярские расходы, сокращения потерь от порчи материалов и готовой продукции, оплаты простоев и др.

Дополнительные затраты на освоение резервов увеличения производства продукции подсчитывается отдельно по каждому ее виду. Это в основном зарплата за дополнительный выпуск продукции, расход сырья, материалов, энергоресурсов и прочие переменные расходы, которые изменяются пропорционально объему производству продукции. Для установления их величины необходимо резерв увеличения выпуска продукции i –го вида умножить на фактический уровень удельных переменных затрат отчетного периода:

$$З = P \uparrow VВП_i b_{ф}$$

В этом случае происходит загрузка производственных мощностей и происходит два ключевых процесса:

Снижение удельных постоянных издержек: аренда, налоги, зарплата управленцев и амортизация оборудования остаются прежними, но теперь они «размазываются» на тысячи единиц продукции вместо сотен.

Энергоэффективность: технологическое оборудование часто потребляет значительный объем энергии просто для поддержания рабочего состояния (нагрев печей, запуск систем, холостой ход). Чем выше плотность выпуска продукции в единицу времени, тем меньше энергии тратиться на конкретную деталь.

Литература

1. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение/Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008 – 360с.

2. Бесчинский А.А., Коган Ю.М. Экономические проблемы электрификации – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 432 с.

3. Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Гревцов О. В., Санжаровский А. Ю., Молча-нова Я. П. Наилучшие доступные технологии и повышение энергоэффективности // Компетентность. 2019. № 1. С. 30-35.

4. Алексеев Г. Н. Прогнозное ориентирование развития энергоустановок. – М.: Наука, 1978 – 120 с.

5. Анчишкин А.И. Методология прогнозирования народного хозяйства . – Вопросы экономики, 1980 №1. С. 46 – 57
6. Виленский Н.М., Дейч И.Г. , Ратников Б.Е. Уровень электрификации и развитие народного хозяйства. – М.: Наука, 1979. С. 34 – 45.
7. Электропотребление и эффективность промышленного производства . – Известия АН СССР. Серия экономическая, 1979, №4. С. 30 – 41.

A Methodological Approach to Analyzing the Efficiency of Energy Resource Use at an Industrial Enterprise

Koksharov V.A.
Ural State University of Railway Transport

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines a system of aggregate and specific indicators that can be used to evaluate the efficiency of energy resource use at an industrial enterprise and to construct a structural-logical model for the factor analysis of energy intensity. Through illustrative calculations, the paper demonstrates how these aggregate and specific indicators can be employed to analyze the energy intensity of production and draw conclusions regarding the implementation of energy policy—specifically concerning energy efficiency and energy conservation within the industrial production process. Potential cost reductions are identified for each expenditure category, based on specific innovative measures related to energy consumption.

Keywords: efficiency, energy resources, energy intensity, factor analysis, energy efficiency.

References

1. The Electric Power Industry of Russia 2030: A Target Vision / Ed. by B. F. Vainsikher. – Moscow: Alpina Business Books, 2008. – 360 p.
2. Beschinsky A. A., Kogan Yu. M. Economic Problems of Electrification. – 2nd ed., revised and supplemented. – Moscow: Energoatomizdat, 1983. – 432 p.
3. Guseva T. V., Chechevatova O. Yu., Grevtsov O. V., Sanzharovsky A. Yu., Molchanova Ya. P. Best Available Technologies and Improving Energy Efficiency // Kompetentnost [Competence]. 2019. No. 1. pp. 30–35.
4. Alekseev G. N. Predictive Orientation for the Development of Power Installations. – Moscow: Nauka, 1978. – 120 p.
5. Anchishkin A. I. Methodology for Forecasting the National Economy. – Voprosy Ekonomiki [Problems of Economics], 1980, No. 1. pp. 46–57.
6. Vilensky N. M., Deich I. G., Ratnikov B. E. The Level of Electrification and the Development of the National Economy. – Moscow: Nauka, 1979. pp. 34–45.
7. Electricity Consumption and the Efficiency of Industrial Production. – Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Ekonomicheskaya [Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Economic Series], 1979, No. 4. pp. 30–41.