Энергетическая составляющая ресурсной базы цементной промышленности: оценка эффективности использования и направления оптимизации

Сянин Сергей Викторович
Государственный университет управления, sianin1999@mail.ru

Энергоэффективность цементной промышленности принято оценивать по удельному расходу топлива на обжиг клинкера. В работе использование энергетической составляющей ресурсной базы отрасли оценено по полному кругу энергоносителей и в расчёте на конечный продукт по данным Росстата за 2012–2025 годы. Предложен сквозной расход энергии на тонну цемента, не зависящий от полноты учёта клинкера. Установлено, что снижение энергоёмкости сменилось стабилизацией: за 2016–2025 годы расход топлива на клинкер снизился на 7,4 %, сводный на 1,0 %, а сквозной расход на тонну цемента после 2019 года не снижается. Стабилизация связана с приостановкой перехода на сухой способ производства и ростом доли цемента без минеральных добавок. Печное топливо на 90 % состоит из природного газа, замещение топлива электрической энергией удорожает единицу энергии и расширяет круг первичных источников. Направления оптимизации оценены по расходу энергии, её стоимости и разнообразию источников.

Ключевые слова: цементная промышленность, ресурсная база, энергетическая составляющая, энергоёмкость, замещение энергоносителей, сквозной расход энергии, первичные источники энергии, замещающее топливо.

Введение

Производство цемента относится к энергоёмким [1, с. 256]: топливо и электрическая энергия образуют 28–45 % себестоимости в зависимости от способа производства и оснащённости предприятия [1, с. 21]. При такой доле энергия относится к определяющим составляющим ресурсной базы отрасли, формирование которой связывают с воспроизводством основных фондов и распределением ресурсов [2, с. 110].

Структура ресурсной базы понимается не как перечень элементов, а как «целостная система с определёнными правилами» [3, с. 60]. Состояние энергетической составляющей, к которой отнесены топливо, электрическая и тепловая энергия всех переделов и их первичные источники, определяется поэтому количеством энергии, соотношением энергоносителей, их стоимостью и источниками.

Энергоэффективность цементного производства оценивается прежде всего по удельному расходу топлива на обжиг клинкера, который справочник по наилучшим доступным технологиям относит к показателям технологической эффективности наряду с расходом энергии на тонну портландцемента [1, с. 174]. По отраслевым данным, он снизился со 185,0 кг на тонну в 2014 году до 152,5 кг в 2021 году [1, с. 20; 6]. Сводный расход энергии на клинкер приводит государственный доклад [4, с. 36], но по энергоносителям не разбирает и к конечному продукту не относит. Стратегия развития промышленности строительных материалов задаёт ресурсоёмкость долями топлива и электрической энергии в затратах, снижающимися по целевым показателям с 17 до 15 % и с 5 до 4 % [5]. В литературе рассмотрены технология и энергоёмкость производства цемента [10], замена природного сырья вторичными материалами [11], декарбонизация отрасли [12], недозагрузка мощностей [13], факторы структурных изменений [14], развитие ESG-повестки российского бизнеса [15]. Соотношение энергоносителей и расход энергии на конечный продукт предметом исследования в них не становились.

Цель работы: оценить эффективность использования энергетической составляющей ресурсной базы цементной промышленности по полному кругу энергоносителей и в расчёте на конечный продукт, установить причины замещения энергоносителей по переделам и вывести из них направления оптимизации.

Проверяются три предположения. Первое: снижение энергоёмкости производства цемента, то есть расхода энергии на тонну продукции, сменилось стабилизацией. Второе: переход на сухой способ производства приостановился, а действующие факторы (технология обжига, условия снабжения топливом, состав продукции) перераспределяют потребность в энергии между энергоносителями и переделами, не сокращая её. Третье: перераспределение меняет структуру энергетической составляющей и круг её первичных источников, поэтому оптимизация связана также с изменением этой структуры.

Вклад работы составляют сквозной показатель, нечувствительный к неполноте учёта клинкера, и оценка замещения энергоносителей одновременно по расходу, стоимости и концентрации первичных источников.

Данные и метод

Использованы данные Росстата: удельный расход топлива, электрической и тепловой энергии на тонну клинкера и цемента за 2012–2025 годы и расход топлива по видам в производстве цемента (группа 23.51 ОКВЭД2) за 2023–2025 годы [16], выпуск клинкера и цемента по видам [17], средние цены приобретения энергоносителей промышленными организациями [18].

Ряд удельных расходов неоднороден: сведения за 2012–2015 годы собраны по форме № 11-ТЭР, отменённой с отчёта за 2016 год [19], последующие по форме № 4-ТЭР [20]. На год смены формы приходится уменьшение расхода топлива на клинкер со 163,0 до 146,9 кг условного топлива (далее — кг у. т.) на тонну и рост расхода тепловой энергии с 0,7 до 54,6 тыс. ккал, поэтому отрезки 2012–2015 и 2016–2025 годов анализируются раздельно. Стадией клинкера названа строка формы, объединяющая подготовку сырья и обжиг, стадией цемента строка помола.

Эффективность оценивается по трём признакам: расходу энергии на единицу продукции, её стоимости и концентрации первичных источников. Сводный расход на тонну клинкера складывает топливо, электрическую и тепловую энергию по коэффициентам Росстата: 0,123 кг у. т. на кВт·ч и 0,14286 кг у. т. на тыс. ккал [20, приложение 2]. Для проверки устойчивости электрическая энергия пересчитывается также по фактическому расходу топлива на её отпуск тепловыми электростанциями, 0,296–0,309 кг у. т. на кВт·ч [16]. Со сводным расходом совпадает ряд государственного доклада за 2015–2023 годы [4, с. 36], расхождение не превышает 0,2 кг.

Сквозной расход на тонну цемента складывает расход по строке клинкера, умноженный на отношение выпуска клинкера к выпуску цемента, и расход по строке цемента. Клинкер отдельной строкой показывают не все предприятия: по данным Росстата в 2021 году его выпущено 42,0 млн т [17] при отраслевой оценке 54,1 млн т [1, с. 8]. Расход остальных отражается по строке цемента, и сквозной

показатель от такого распределения не зависит. Его изменение раскладывается без остатка на три слагаемых: расход по строке клинкера, отношение выпуска клинкера к выпуску цемента и расход по строке цемента, первые два взвешены средними за два года значениями. Удельные расходы, умноженные на выпуск, дают 98,3–99,7 % расхода топлива по группе 23.51 за 2023–2025 годы, что подтверждает согласованность данных.

Стоимость энергии исчислена по средним ценам приобретения промышленными организациями на конец года с налогом на добавленную стоимость и доставкой [18], топливо оценено по цене природного газа. Расход каждого года оценён в ценах одного года, 2017-го и 2025-го, что устраняет влияние изменения цен. Состав первичных источников электрической энергии определён по выработке электростанций разных видов [4, с. 12] и по расходу топлива на её производство [16]. Мерой разнообразия служит показатель концентрации Херфиндаля — Хиршмана, сумма квадратов долей: при единственном источнике он равен единице и снижается с ростом разнообразия. При одном преобладающем энергоносителе изменение его цены или условий поставки переносится на всю энергетическую составляющую.

Динамика удельного расхода топлива

Быстрое снижение сменилось стабилизацией (табл. 1): в 2012–2015 годах расход топлива на клинкер уменьшался на 9,3 кг у. т. в год, а в 2016–2024 годах оставался в пределах 141,0–149,8 кг. Значение 2025 года, 136,0 кг, ниже этого интервала, но пока представлено одним наблюдением.

Таблица 1
Удельный расход энергоносителей на стадиях клинкера и цемента

Показатель	2012	2015	2016	2019	2021	2024	2025
Клинкер: топливо, кг у. т. на т	190,9	163,0	146,9	146,4	141,0	142,4	136,0
Клинкер: электрическая энергия, кВт·ч на т	23,5	25,9	26,4	36,1	35,7	41,3	42,6
Клинкер: тепловая энергия, тыс. ккал на т	0,8	0,7	54,6	87,7	111,9	104,4	106,1
Цемент: электрическая энергия, кВт·ч на т	102,8	87,6	86,9	78,5	79,2	71,8	71,3
Цемент: топливо, кг у. т. на т	15,0	25,7	30,6	24,1	23,4	19,1	22,2

Примечание. Данные приведены без субъектов малого предпринимательства и без сведений по Донецкой и Луганской народным республикам, Запорожской и Херсонской областям. Источник: составлено автором по данным [16].

Расход энергии по полному кругу энергоносителей

Экономия топлива на стадии клинкера почти целиком возмещена другими энергоносителями (рисунок 1). За 2016–2025 годы расход топлива снизился на 7,4 %, тогда как сводный расход на 1,0 %, а при пересчёте электрической энергии по расходу топлива на её отпуск он вырос на 0,7 %. Из 10,9 кг у. т. снижения расхода топлива 2,0 кг возмещены ростом расхода электрической энергии и 7,4 кг ростом расхода тепловой энергии. Вывод устойчив: за 2016–2024 годы сводный расход вырос со 157,9 до 162,4 кг, а без тепловой энергии, происхождение которой форма не раскрывает [20], за 2016–2025 годы снизился на 5,9 и 4,0 % соответственно, меньше, чем расход топлива.

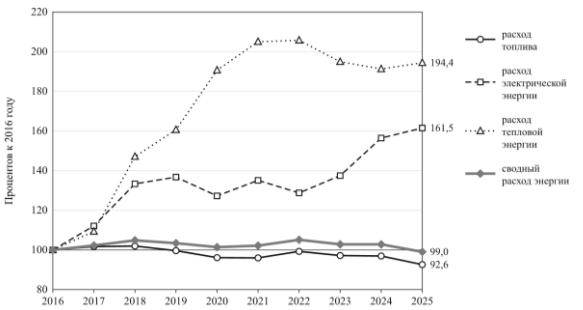


Рисунок 1 — Расход энергоносителей на тонну клинкера и сводный расход энергии в 2016–2025 годах, процентов к 2016 году
Источник: рассчитано автором по данным [16].

Часть роста расхода электрической и тепловой энергии по строке клинкера может отражать перенос расхода между строками и графами формы: по строке цемента расход электрической энергии за те же годы снизился с 86,9 до 71,3 кВт·ч на тонну. Сводный показатель нечувствителен к переносу между графами, сквозной между строками, поэтому выводы опираются на них (табл. 2).

Таблица 2
Сводный расход энергии на тонну клинкера и сквозной расход на тонну цемента

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Сводный расход на тонну клинкера, кг у. т.	161,6	165,6	163,4	160,2	161,4	166,1	162,4	162,4	156,4
в том числе топливо	149,4	149,8	146,4	141,2	141,0	145,9	142,8	142,4	136,0
Сквозной расход на тонну цемента, кг у. т.	159,6	153,2	143,0	145,5	146,8	151,1	146,7	153,8	150,1
в том числе топливо	137,4	131,8	121,7	122,5	122,5	126,8	122,8	129,3	125,6
Сквозной расход электрической энергии, кВт·ч на т цемента	106,0	105,5	102,6	101,3	104,3	104,8	102,5	103,8	103,7
Доля цемента без минеральных добавок в выпуске, %	56,4	56,8	60,3	61,2	63,2	63,8	64,7	68,2	68,6

Примечание. Электрическая энергия пересчитана в условное топливо по коэффициенту 0,123 кг у. т. на кВт·ч, тепловая энергия по коэффициенту 0,14286 кг у. т. на тыс. ккал. Сводный расход 2016 года равен 157,9 кг у. т. Значение сквозного расхода 2017 года включает расход тепловой энергии по строке цемента 21,5 тыс. ккал на тонну при 1,3–3,0 тыс. ккал в остальные годы. На 2019 год приходится наименьшее отношение выпуска клинкера к выпуску цемента, 0,667. Удельные расходы приведены без субъектов малого предпринимательства, выпуск по полному кругу производителей. Источник: рассчитано автором по данным [16; 17].

В расчёте на конечный продукт снижение прекратилось: сквозной расход уменьшился со 159,6 кг у. т. в 2017 году до 143,0 кг в 2019 году и после этого не снижался, оставаясь в пределах 145,5–153,8 кг. За 2020–2025 годы расход топлива на клинкер снизился на 3,7 %, тогда как сквозной расход топлива на тонну цемента вырос на 2,5 %. Доля электрической энергии в расходе на тонну цемента все девять лет держалась в пределах 8,2–8,8 %, то есть замещение идёт внутри строки клинкера. Первое предположение подтверждается.

Причины замещения энергоносителей

Первая причина технологическая. Сухой способ расходует в 1,75 раза меньше топлива, чем мокрый (117,3 против 205,2 кг у. т. на тонну клинкера в 2021 году), но больше электрической энергии (123,1 против 116,5 кВт·ч на тонну цемента) [1, с. 20], поскольку при мокром способе сырьё измельчается в водной среде [10, с. 284]. Переход на него одновременно снижал расход топлива и замещал топливо электрической энергией. Доля сухого и комбинированного способов выросла с 17,1 % в 2010 году до 60,2 % в 2020 году [1, с. 8; 7] и с тех пор не растёт: 56,5 % в 2021 году [1, с. 9], около 60 % продукции, выпущенной по энергосберегающим технологиям, в 2023 году [8] и около 57 % в 2024 году [9]. Приостановка перехода приходится на те же годы, что и прекращение снижения сквозного расхода.

Вторая причина связана с условиями снабжения топливом. До 2005 года часть предприятий работала на мазуте и отказалась от него из-за роста цен [1, с. 19]. В 2023–2025 годах на природный газ приходилось 90,0–91,3 % ко-

тельно-печного топлива отрасли, доля угля снизилась с 8,9 до 7,4 %, а на прочие виды твёрдого топлива, к которым указания Росстата относят отходы производств и бытовые отходы [20] и в которые входит биотопливо, приходилось 1,1–1,3 % [16]. Состав топлива сведён к одному энергоносителю, и доля замещающего топлива не превышает этой величины.

Третья причина заключена в составе продукции. Доля цемента без минеральных добавок в выпуске выросла с 56,4 % в 2017 году до 68,6 % в 2025 году, доля цемента с минеральными добавками снизилась с 38,0 до 24,6 % [17], и на тонну цемента расходуется больше клинкера, наиболее энергоёмкого полупродукта. Добавки при этом вводятся на следующих звеньях, при изготовлении бетона, строительных смесей и растворов: свойства строительного материала определяет последнее звено промышленности перед передачей продукции в строительство, которое формирует ресурсную базу из широкого ассортимента ресурсов под требования покупателя [14, с. 84–85]. Чем ближе звено к конечному потребителю, тем больше добавок оно вводит само, и спрос смещается к цементу без добавок. Содержание цемента в бетоне, смесях и растворах, по данным о выпуске за 2017–2022 годы, снижается [14, с. 84], но в показателях цементной промышленности это не отражается.

Разложение изменения сквозного расхода показывает соотношение этих причин. За 2020–2025 годы сквозной расход вырос на 3,2 %: снижение расхода по строке клинкера уменьшило его на 2,7 кг у. т., снижение расхода по строке цемента на 3,0 кг, а рост отношения выпуска клинкера к выпуску цемента с 0,694 до 0,760 увеличил на 10,4 кг. Это отношение отражает также полноту учёта клинкера и изменение его запасов, поэтому отнести весь прирост к составу продукции нельзя, а влияние размещения переделов по доступным данным не выделяется. Действующие факторы перераспределяют потребность в энергии между энергоносителями и переделами, не сокращая её, что согласуется со вторым предположением.

Стоимость и первичные источники энергии

Замещение топлива электрической энергией удорожает единицу энергии: в 2017–2025 годах она обходилась промышленным организациям в виде электрической энергии в 4,5–4,7 раза дороже, чем в виде природного газа, в виде тепловой энергии в 1,9–2,0 раза дороже [18]. Соотношение устойчиво, то есть замещение не вызвано удешевлением электрической энергии, и стоимость энергии снижается медленнее расхода. На стадии клинкера расход топлива и электрической энергии за эти годы снизился на 7,7 %, а их стоимость в постоянных ценах на 3,5 %, с учётом тепловой энергии расход снизился на 3,2 %, а стоимость выросла на 3,6–4,0 %. На тонну цемента расход энергии снизился на 5,9 %, её стоимость на 3,6–3,8 %. На электрическую энергию приходится 8,2–8,8 % расхода энергии на тонну цемента и 28,3–29,9 % её стоимости. Одновременно электрическая энергия меняет состав первичных источников (табл. 3).

Таблица 3

Первичные источники энергии в производстве цемента в 2023 году, %

Первичный источник	Печное топливо заводов	Электрическая энергия из сети	Топливо и электрическая энергия вместе
природный газ	90,0	48,1	81,5
уголь	8,9	15,6	10,2
прочие виды твёрдого топлива, включая биотопливо	1,1	0,0	0,9
атомная энергия	0,0	18,5	3,7
гидроэнергия	0,0	17,2	3,5
прочие источники	0,0	0,7	0,1
показатель концентрации	0,819	0,319	0,678

Примечание. Электрическая энергия распределена по выработке электростанций разных видов по России в целом, выработка тепловых электростанций разделена между газом и углём по расходу топлива. Последняя графа взвешена по сквозному расходу топлива и электрической энергии на тонну цемента, электрическая энергия учтена по расходу топлива на её отпуск. Тепловая энергия не распределена. Источник: рассчитано автором по данным [4, с. 12; 16; 17].

Печное топливо на девять десятых состоит из природного газа, показатель концентрации источников равен 0,819. Электрическая энергия из сети вырабатывается на газе, угле, атомных и гидроэлектростанциях, её показатель концентрации 0,319. При пересчёте по расходу топлива на её отпуск на неё приходится 20,3 % расхода топлива и электрической энергии на тонну цемента, и показатель концентрации энергетической составляющей снижается с 0,819 до 0,678. При пересчёте по коэффициенту 0,123 кг у. т. на кВт·ч её доля равна 9,3 %, а показатель 0,752. Электрическая энергия обходится ресурсной базе отрасли дороже топлива, но служит единственным каналом, через который в неё поступают атомная и гидроэнергия. Третье предположение подтверждается как свойство структуры по состоянию на 2023 год.

Направления оптимизации

Направления оптимизации оцениваются по тем же трём признакам (табл. 4).

Таблица 4

Направления оптимизации энергетической составляющей

Направление	Расход энергии	Стоимость энергии	Разнообразие источников
Замена линий мокрого способа	снижает	снижает, требует вложений	почти не меняет
Снижение электроёмкости помола и тяги	снижает	снижает	почти не меняет
Замещающее топливо	почти не меняет	снижает, если отходы не дороже газа	повышает
Цементы с минеральными добавками	снижает	снижает	почти не меняет
Электрическая энергия вместо топлива	зависит от технологии	удорожает единицу энергии	повышает

Примечание. Масштаб расхода топлива рассчитан по клинкеру, показанному в статистике отдельной строкой. Оценка «почти не меняет» означает, что направление меняет соотношение топлива и электрической энергии, но не состав источников каждого из них, показатель концентрации при этом изменяется в пределах 0,01. Источник: составлено автором.

Направления неравноценны. Наибольшую отдачу в стоимости на единицу сэкономленной энергии даёт снижение расхода электрической энергии: при 8–9 % расхода она образует около 29 % стоимости, а более 80 % её потребляют мельницы, вентиляторы и дымососы [1, с. 190]. Замещающее топливо остаётся единственным направлением, которое повышает разнообразие источников и не удорожает энергию, если подготовленные отходы обходятся не дороже газа. Стратегия называет его вторым по значимости резервом снижения себестоимости [5], однако в топливе отрасли на него приходится менее 2 %.

Замена линий мокрого способа и выпуск цементов с минеральными добавками сокращают потребность в природном газе, но почти не меняют состава источников. Первое направление требует вложений в основные фонды, второе зависит от спроса: отраслевая дорожная карта предусматривает снижение доли клинкера в цементе с 0,889 в 2021 году до 0,67 к 2050 году [1, с. 23], тогда как фактическая динамика 2017–2025 годов противоположна.

Заключение

Эффективность использования энергетической составляющей после 2019 года не повышается. Снижение энергоёмкости прекратилось одновременно с приостановкой перехода на сухой способ производства, а другие факторы снижения за это время не проявились. Это указывает на то, что снижение обеспечивал один структурный сдвиг в технологии, а не постоянно действующая экономия.

Оценка эффективности зависит от границ, в которых измеряется расход. Расход топлива на клинкер, взятый отдельно, за 2016–2025 годы снизился на 7,4 %. С учётом всех энергоносителей той же стадии снижение составило 1,0 %, поскольку экономия топлива на 86 % возмещена ростом расхода электрической и тепловой энергии. На тонну цемента расход после 2019 года не снижается: экономию на обоих переделах перекрывает рост отношения выпуска клинкера к выпуску цемента. За пределами отрасли оценка меняется ещё раз: добавки вводят сами потребители цемента, и чем ближе звено к конечному потребителю, тем больше добавок оно вводит, поэтому отрасль выпускает более энергоёмкий цемент, а содержание цемента в бетоне, смесях и растворах, судя по данным о выпуске, снижается. Экономия, измеренная в узких границах, в значительной части оказывается перемещением расхода за эти границы, и показатель следует относить к границе, на которой перемещение замыкается: ко всем энергоносителям и к конечному продукту, а в дальнейшем к единице цементосодержащей продукции.

Энергетическая составляющая выступает тем самым не суммой расходов, а структурой, в которой количество энергии, её стоимость и зависимость от одного источника связаны между собой. Замещение топлива электрической энергией расхода не сокращает, каждая замещённая единица энергии обходится в 4,5–4,7 раза дороже, а концентрация первичных источников снижается: показатель равен 0,819 для печного топлива и 0,678 с учётом электрической энергии. Разнообразие источников имеет цену и складывается преимущественно за пределами отрасли: состав печного топлива определяют условия снабжения газом, состав источников электрической энергии структура генерации. В распоряжении самой отрасли остаётся замещающее топливо, которое повышает разнообразие и не удорожает энергию, если отходы обходятся не дороже газа.

Оптимизация поэтому не сводится к снижению удельных расходов: ни одно из направлений не улучшает все три признака сразу, и оценивать их следует в сочетании. Стоимостные целевые показатели Стратегии, доли топлива и электрической энергии в затратах, меняются вместе с ценами, и их целесообразно дополнить натуральными: сквозным расходом энергии на тонну цемента и долей замещающего топлива. Вклад состава продукции в чистом виде и влияние размещения переделов остаются предметом дальнейшей работы, для которой нужны данные о выпуске клинкера по всем предприятиям и о расходе энергии на единицу цементосодержащей продукции.

Литература
1. ИТС 6-2022. Производство цемента : информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям : утверждён приказом Росстандарта от 16.12.2022 № 3199. — Москва : Бюро НДТ, 2022. — URL: https://burondt.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
2. Астафьева, О. Е. Ресурсная база промышленности строительных материалов как основа устойчивого развития экономики / О. Е. Астафьева // Вестник университета. — 2024. — № 1. — С. 105–111. — DOI 10.26425/1816-4277-2024-1-105-111. — Текст : непосредственный.
3. Астафьева, О. Е. Ресурсная база промышленного развития: теория и методология формирования : монография / О. Е. Астафьева, С. В. Сянин. — Москва : ГУУ, 2026. — 174, [1] с. — ISBN 978-5-215-03998-4. — Текст : непосредственный.
4. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2023 году / Министерство экономического развития Российской Федерации. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/ (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
5. Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.05.2016 № 868-р. — Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». — Текст : электронный.
6. ИТС 6-2024. Производство цемента : информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям : утверждён приказом Росстандарта от 16.09.2024 № 2231. — Москва : Бюро НДТ, 2024. — URL: https://burondt.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
7. Василик, Г. Ю. Цементная промышленность России в 2020 году / Г. Ю. Василик, Е. М. Еремина // Цемент и его применение. — 2020. — № 6. — Текст : непосредственный.
8. Гузь, В. А. Российская цементная промышленность в 2023 году / В. А. Гузь, Е. В. Высоцкий // Цемент и его применение. — 2023. — № 6. — Текст : непосредственный.
9. Гузь, В. А. Российская цементная промышленность в 2024 году / В. А. Гузь, Е. В. Высоцкий, А. В. Черников // Цемент и его применение. — 2025. — № 1. — Текст : непосредственный.
10. Потапова, Е. Н. Производство цемента / Е. Н. Потапова, М. А. Волосатова // Энциклопедия технологий 2.0: Производство неметаллов. — Москва : ФГАУ «НИИ „Центр экологической промышленной политики“», 2022. — С. 209–318. — Текст : непосредственный.
11. Производство цемента: аспекты повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду / Е. Н. Потапова, Т. В. Гусева, И. О. Тихонова [и др.] // Строительные материалы. — 2020. — № 9. — С. 15–20. — DOI 10.31659/0585-430X-2020-784-9-15-20. — Текст : непосредственный.
12. Декарбонизация цементной отрасли и развитие систем экологического и энергетического менеджмента / И. А. Башмаков, Е. Н. Потапова, К. Б. Борисов [и др.] // Строительные материалы. — 2023. — № 9. — С. 4–12. — DOI 10.31659/0585-430X-2023-817-9-4-12. — Текст : непосредственный.
13. Ермолина, Л. В. Промышленность строительных материалов в условиях новой экономической реальности / Л. В. Ермолина, Н. Н. Пронина, Д. А. Мельникова // Эксперт: теория и практика. — 2023. — № 2 (21). — С. 38–44. — DOI 10.51608/26867818_2023_2_38. — Текст : непосредственный.
14. Сянин, С. В. Структурные изменения промышленности строительных материалов и их факторы / С. В. Сянин // Вестник университета. — 2025. — № 3. — С. 78–86. — DOI 10.26425/1816-4277-2025-3-78-86. — Текст : непосредственный.
15. Дегтярева, В. В. Исследование и развитие ESG-повестки на российском рынке в условиях геополитической обстановки в мире / В. В. Дегтярева, Д. А. Мурзинцева // Вестник университета. – 2023. – № 2. – С. 33-40. – DOI 10.26425/1816-4277-2023-2-33-40.
16. Израсходовано топливно-энергетических ресурсов. Фактический расход электроэнергии, теплоэнергии и топлива на единицу отдельных видов произведённой продукции и услуг : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
17. Производство продукции в натуральном выражении по полному кругу производителей : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
18. Средние цены на приобретённые промышленными организациями отдельные виды товаров : официальная статистика // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. — URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 01.09.2026). — Текст : электронный.
19. Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью предприятий : приказ Росстата от 11.08.2016 № 414 (утратил силу). — Доступ из справочно-правовой системы «Гарант». — Текст : электронный.
20. Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения № 4-ТЭР «Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов» : приказ Росстата от 11.12.2024 № 632. — Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». — Текст : электронный.

The energy component of the cement industry's resource base: assessing the efficiency of use and directions for optimisation

Sianin S.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 energy efficiency of the cement industry is usually assessed by specific fuel consumption for clinker burning. This paper assesses the use of the energy component of the industry's resource base across all energy carriers and per unit of final product, using Rosstat data for 2012–2025. An end-to-end indicator of energy consumption per tonne of cement is proposed that is robust to incomplete recording of clinker output. The decline in energy intensity has given way to stabilisation: over 2016–2025 fuel consumption per tonne of clinker fell by 7.4 % and combined consumption by 1.0 %, while end-to-end consumption per tonne of cement has not declined since 2019. Stabilisation is associated with the pause in the transition to the dry process and the growing share of cement without mineral additives. Kiln fuel is 90 % natural gas, and substituting electricity for fuel makes a unit of energy more expensive but widens the range of primary sources. Optimisation directions are assessed by energy consumption, its cost and the diversity of sources.

Keywords: cement industry, resource base, energy component, energy intensity, substitution of energy carriers, end-to-end energy consumption, primary energy sources, alternative fuel.

References

1. ITS 6-2022. Cement production: information and technical reference book on the best available techniques, approved by Rosstandart Order no. 3199 of 16.12.2022. Moscow, BAT Bureau, 2022. URL: https://burondt.ru (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
2. Astafyeva O. E. Resource base of the building materials industry as the basis for sustainable development of the economy. Vestnik Universiteta, 2024, no. 1, pp. 105–111. DOI 10.26425/1816-4277-2024-1-105-111. (In Russ.)
3. Astafyeva O. E., Sianin S. V. The resource base of industrial development: theory and methodology of formation. Moscow, State University of Management, 2026. 174 p. (In Russ.)
4. State report on energy saving and energy efficiency improvement in the Russian Federation in 2023. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/investicionnaya_deyatelnost/povyshenie_energoeffektivnosti/gosudarstvennyy_doklad/ (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
5. On approval of the Strategy for the development of the building materials industry up to 2020 and for the future up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation of 10.05.2016 no. 868-r. Access from the ConsultantPlus legal reference system. (In Russ.)
6. ITS 6-2024. Cement production: information and technical reference book on the best available techniques, approved by Rosstandart Order no. 2231 of 16.09.2024. Moscow, BAT Bureau, 2024. URL: https://burondt.ru (accessed 01.09.2026). (In Russ.)
7. Vasilik G. Yu., Eremina E. M. The cement industry of Russia in 2020. Cement and its Applications, 2020, no. 6. (In Russ.)