

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 4



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU WWW.JOURNAL-CM.RU АПРЕЛЬ 2024 г. (823)



龍騰（控股）集團  
DRAGON & STRONG GROUP

Первая ведущая машиностроительная компания  
в Китае по производству оборудования



Штаб-квартира Dragon & Strong Group в г. Шаосин, Китай



Производственная база, выпускающая оборудование  
для производства керамического кирпича в г. Тяньзинь, Китай

- Производство оборудования для керамического кирпича и плитки
- Модернизация существующих заводов
- Поставка запасных и быстроизнашивающихся частей, постпродажное обслуживание
- Итальянские технологии, европейское качество, лучшая цена



Комбинированный  
вакуумный экструдер D&S



Вальцы D&S –  
LPS 1400x1200



Туннельная печь D&S  
с внутренней шириной 9 м



Более 100 современных заводов  
по производству пустотелых блоков  
и кирпича компания построила в Китае

## Dragon & Strong Group – Ваш надежный партнер!



Контактная информация:

Рамиль Фаезов – представитель компании в России и в странах СНГ  
Моб. +7 995 383 0775

Электронная почта. r.faezoff@gmail.com

Гао Лихун – председатель группы

Моб. +86 138 2070 2286

Электронная почта: glh@dragonstrong.cn

Учредитель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,  
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,  
д. 9, корп. 1, кв. 1

Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,  
д. 9, корп. 1, кв. 1

Свид. о регистрации ПИ № 77-1989  
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)

Входит в Перечень ВАК, РИНЦ,  
Russian Science Citation Index

Адрес редакции: Россия, 127434, г. Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 4

Основан в 1955 г. (823) Апрель 2024 г.

Тел.: (499) 390-87-17 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

## Керамические строительные материалы

<b>МИАП КЕРАМТЭКС в современных условиях: соответствовать реальности, работать для будущего (Информация) .....</b>	<b>4</b>
Н.Г. ГУРОВ, Р.Н. ГУРОВ, Г.И. СТОРОЖЕНКО <b>Кирпичные заводы малой мощности. ....</b>	<b>6</b>
<b>Плоская экструзия: от лаборатории к промышленному производству (Информация) .....</b>	<b>10</b>
<b>«Dragon &amp; Strong Group» (Китай) (Информация).....</b>	<b>12</b>
А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, Е.В. ИСТЕРИН, О.А. ФОМИНА <b>Использование отходов теплоэнергетики для снижения средней плотности стенных керамических материалов с матричной структурой .....</b>	<b>13</b>
Ю.И. НЕБЕЖКО, В.Д. КОТЛЯР <b>Оценка и характеристика формовочных масс на основе суглинков при производстве керамического кирпича мягкого формования .....</b>	<b>20</b>
В.А. ГУРЬЕВА, А.В. ДОРОШИН <b>Приготовление керамического пресс-порошка на основе алюмосиликатного глинистого сырья, золшлаковых отходов ТЭЦ и синтезированных стекловидных микросфер.....</b>	<b>27</b>
Ю.А. БОЖКО, М.Ю. ПАРТЫШЕВ <b>Получение лицевого кирпича светлых оттенков на основе мергеля .....</b>	<b>32</b>
Н.Д. ЯЦЕНКО, А.И. ЯЦЕНКО <b>Использование промышленных отходов для повышения эксплуатационных свойств керамического кирпича .....</b>	<b>37</b>
А.И. ЗАХАРОВ, С.И. СМИРНОВ, С.В. ЧЕРКАССКАЯ, Т.В. ГУСЕВА <b>Оценка направлений сокращения энерго- и углеродоемкости производства крупноформатных керамических камней .....</b>	<b>43</b>
К.М. УЖАХОВ, А.В. КОТЛЯР <b>Клинкерные высокопустотные керамические камни: перспективы технологии и применения.....</b>	<b>49</b>
Р.Б. ОРЛОВИЧ, А.С. ГОРШКОВ, Н.Н. ШАНГИНА, А.М. ХАРИТОНОВ <b>Фасадные панели с интегрированными клинкерными изделиями .....</b>	<b>55</b>
<b>Полимеры в строительстве</b>	
Т.В. ДУДАРЕВА, И.А. КРАСОТКИНА, В.Н. ГОРБАТОВА, И.В. ГОРДЕЕВА <b>Межфазное взаимодействие и усталостные характеристики асфальтовых вяжущих .....</b>	<b>61</b>
А.И. ВАЛИЕВ, И.А. СТАРОВОЙТОВА, А.М. СУЛЕЙМАНОВ <b>Исследование связи энергетических характеристик фаз (армирующих волокон и связующего) со смачиваемостью наполнителя в гибридном полимерном композите .....</b>	<b>68</b>
А.Р. ШАКИРОВ, А.М. СУЛЕЙМАНОВ <b>Старение адгезивов систем внешнего армирования строительных конструкций. Часть 1. Исследование значимости воздействующих факторов .....</b>	<b>76</b>

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

**Founder of the journal:** «STROYMATERIALY»  
**Address:** 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,  
 Moscow, 125319, Russian Federation  
**Publisher:** «STROYMATERIALY»  
 Advertising-Publishing Firm, OOO  
**Address:** 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,  
 Moscow, 125319, Russian Federation  
 Registration certificate PI № 77–1989  
**ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)**  
 Included in the list of journals of the Higher  
 Attestation Commission (Russia),  
 Russian Science Citation Index  
**Editorial address:** 9/3 Dmitrovskoye Highway,  
 127434, Moscow, Russian Federation

Monthly scientific-technical and industrial journal

# STROITEL'NYE MATERIALY®

№ 4

Founded in 1955 (823) April 2024

Tel.: (499) 390-87-17 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

## Ceramic building materials

<b>International Information and Analytical Project KERAMTEKS in Modern Conditions: Correspond to Reality, Work for the Future (Information).....</b>	<b>4</b>
N.G. GUROV, R.N. GUROV, G.I. STOROZHENKO	
<b>Low Capacity Brick Factories .....</b>	<b>6</b>
<b>Flat Extrusion: from Laboratory to Industrial Production (Information).....</b>	<b>10</b>
<b>«Dragon &amp; Strong Group» (China) (Information) .....</b>	<b>12</b>
A.Yu. STOLBOUSHKIN, E.V. ISTERIN, O.A. FOMINA	
<b>USE of Thermal Power Engineering Waste to Reduce the Average Density of Ceramic Wall Materials with a Matrix Structure.....</b>	<b>13</b>
Yu.I. NEBEZHKO, V.D. KOTLYAR	
<b>Assessment and Characteristics of Molding Masses Based on Loam during Production Soft Molded Ceramic Brick .....</b>	<b>20</b>
V.A. GUR'EVA, A.V. DOROSHIN	
<b>Preparation of Ceramic Press Powder Based on Aluminosilicate Clay Raw Materials and Ash and Slag Waste from Thermal Power Plants Synthesized by Vitreous Microspheres.....</b>	<b>27</b>
Yu.A. BOZHKO, M.Yu. PARTYSHEV	
<b>Getting a Face Brick of Light Shades Based on Marl .....</b>	<b>32</b>
N.D. YATSENKO, A.I. YATSENKO	
<b>Use of Industrial Waste to Improve the Performance Properties of Ceramic.....</b>	<b>37</b>
A.I. ZAKHAROV, S.I. SMIRNOV, S.V. CHERKASSKAYA, T.V. GUSEVA	
<b>Assessing Directions for Reducing Energy and Carbon Intensity of Manufacturing Large-Format Ceramic Stones.....</b>	<b>43</b>
K.M. UZHAKHOV, A.V. KOTLYAR	
<b>Clinker High-Hollow Ceramic Stones: Prospects for Technology and Application .....</b>	<b>49</b>
R.B. ORLOVICH, A.S. GORSHKOV, N.N. SHANGINA, A.M. KHARITONOV	
<b>Facade Panels with Integrated Clinker Products.....</b>	<b>55</b>

## Polymers in construction

T.V. DUDAREVA, I.A. KRASOTKINA, V. N. GORBATOVA, I.V. GORDEEVA	
<b>Interfacial Interaction and Fatigue Behavior of Asphalt Mastics.....</b>	<b>61</b>
A.I. VALIEV, I.A. STAROVOITOVA, A.M. SULEIMANOV	
<b>Investigation of the Relationship between the Energy Characteristics of Phases (Reinforcing Fibers and Binder) and Wettability of Filler in Hybrid Polymer Composite.....</b>	<b>68</b>
A.R. SHAKIROV, A.M. SULEJMANOV	
<b>Aging of Adhesives of External Reinforcement Systems of Building Structures. Part 1. Investigation of the Significance of Influencing Factors.....</b>	<b>76</b>

The authors of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public. The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author. Reprinting and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief. The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

УДК 504.062

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-823-4-43-48>

А.И. ЗАХАРОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор (alezakharov@bk.ru);  
С.И. СМЕРНОВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук (sergey.smi85@gmail.com);  
С.В. ЧЕРКАССКАЯ<sup>3</sup>, науч. сотрудник (s.cherkasskaya@eipc.center),  
Т.В. ГУСЕВА<sup>3</sup>, д-р техн. наук, профессор (tatiana.v.guseva@gmail.com)

<sup>1</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (125047, Россия, г. Москва, Миусская площадь, д. 9)

<sup>2</sup> ООО «Винербергер Кирпич» (107140, Россия, г. Москва, ул. Русаковская, д. 13 (центральный офис))

<sup>3</sup> Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт  
«Центр экологической промышленной политики» (115054, Россия, г. Москва, Стремянный пер., д. 38)

## Оценка направлений сокращения энерго- и углеродоемкости производства крупноформатных керамических камней

Проанализирован опыт повышения энергетической эффективности и ограничения выбросов парниковых газов в производстве керамических изделий. Расчеты и оценки выполнены на примере промышленной площадки ООО «Винербергер Кирпич», расположенной во Владимирской области, где выпускаются крупноформатные керамические камни. Подчеркнуто, что производство керамических изделий относится к энерго- и углеродоемким отраслям промышленности, для которых в различных странах и регионах разрабатываются и реализуются программы и проекты, направленные на снижение потребления ископаемого топлива и сокращение выбросов парниковых газов. Представлены оценочные среднемировые данные и данные, полученные в результате бенчмаркинга углеродоемкости продукции российских предприятий, выполненного в ходе актуализации информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 4-2023 «Производство керамических изделий». Проанализирована программа повышения энергетической эффективности, реализованная ООО «Винербергер Кирпич»; на основе данных о потреблении природного газа рассчитаны энергетические выбросы диоксида углерода за период 2015–2022 гг. Показано, что предприятию удалось добиться значительного снижения энерго- и углеродоемкости и достичь показателей, которые значительно ниже, чем средние по отрасли, а также так называемых индикативных показателей выбросов парниковых газов, установленные для стимулирования российских предприятий к выполнению зеленых проектов. Сделано заключение о том, что опыт предприятия может быть тиражирован другими компаниями, в том числе претендующими на получение мер государственной поддержки проектов, направленных на внедрение наилучших доступных технологий, повышение энергетической эффективности и сокращение выбросов парниковых газов.

**Ключевые слова:** производство керамических изделий, крупноформатные керамические камни, наилучшие доступные технологии, энергоемкость, углеродоемкость, выбросы парниковых газов, декарбонизация, индикативные показатели.

Авторы благодарны Троицкому Николаю Станиславовичу, представителю ООО «Винербергер Кирпич», за активное участие в актуализации информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 4-2023 «Производство керамических изделий» и в реализации проектов научно-исследовательского института «Центр экологической промышленной политики» в сфере повышения ресурсной эффективности российской промышленности.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Все расчетные данные, представленные в настоящей статье, согласованы с представителями ООО «Винербергер Кирпич» на предмет их открытости.

**Для цитирования:** Захаров А.И., Смирнов С.И., Черкасская С.В., Гусева Т.В. Оценка направлений сокращения энерго- и углеродоемкости производства крупноформатных керамических камней // *Строительные материалы*. 2024. № 4. С. 43–48. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-823-4-43-48>

A.I. ZAKHAROV<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (alezakharov@bk.ru);

S.I. SMIRNOV<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (sergey.smi85@gmail.com);

S.V. CHERKASSKAYA<sup>3</sup>, Researcher (s.cherkasskaya@eipc.center),

T.V. GUSEVA<sup>3</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (tatiana.v.guseva@gmail.com)

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (125047, Russia, Moscow, Miuskaya sq, 9)

<sup>2</sup> Limited Liability Company «Wienerberger Brick» (107140, Russia, Moscow, Rusakovskaya st., 13)

<sup>3</sup> Federal State Autonomous Institution «Research Institute «Environmental Industrial Policy Center» (115054, Russia, Moscow, Stremyanniy alleyway, 38)

### Assessing Directions for Reducing Energy and Carbon Intensity of Manufacturing Large-Format Ceramic Stones

The article analyses the experience of enhancing energy efficiency and reducing greenhouse gas emissions in the ceramic production. Calculations and assessments are made using the example of the industrial site of Wienerberger Brick LLC, located in the Vladimir region, where large-format ceramic stones are produced. Authors emphasize that ceramic production is a branch of energy and carbon intensive industrial sectors, for which in various countries and regions, programmes and projects aimed at reducing energy consumption and emissions of greenhouse gases are developed and implemented. The article presents estimated global average data and data obtained as a result of carbon intensity benchmarking conducted within the course of reviewing of the Russian national Reference Document on Best Available Techniques “Ceramic manufacturing industry”) ITS 4-2023. Authors analyse the energy efficiency enhancement programme implemented by Wienerberger Brick LLC, and calculate energy-related emissions of greenhouse gases for 2015–2022. They demonstrate that the enterprise

managed to achieve a significant reduction in energy and carbon intensity. It attained parameters that are significantly lower than the industry average, as well as the so-called indicative greenhouse gas emissions indicators established to encourage Russian enterprises to implement green projects. Authors conclude that experience described can be replicated by other companies, including those applying for government support measures for projects aimed at the implementation of Best Available Techniques, enhancement of energy efficiency and reduction of greenhouse gases emissions.

**Keywords:** ceramic manufacturing industry, large-format ceramic stones, Best Available Techniques, energy intensity, carbon intensity, greenhouse gas emissions, decarbonization, indicative parameters.

Authors are grateful to Nikolai Troitsky, Wienerberger Brick LLC representative, for his active participation in reviewing the Russian national Reference Document on Best Available Techniques “Ceramic manufacturing industry” and in the implementation of the Research Institute “Environmental Industrial Policy Centre”.

**For citation:** Zakharov A. I., Smirnov S.I., Cherkasskaya S.V., Guseva T.V. Assessing directions for reducing energy and carbon intensity of manufacturing large-format ceramic stones. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2024. No. 4, pp. 43–48. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-823-4-43-48>

Повышение энергоэффективности, ограничение выбросов парниковых газов и снижение углеродоемкости продукции вошли в последние годы в число приоритетов развития промышленности большинства стран мира [1, 2].

Технологии керамических изделий – это технологии высокотемпературных материалов, при реализации которых потребляется значительное количество энергии; лидеры отрасли разрабатывают новые технологические процессы и решения, которые позволяют сократить потребление ископаемого топлива и поэтапно перейти к использованию возобновляемых источников энергии [3–5]. Парниковые газы, главным образом CO<sub>2</sub>, образуются прежде всего при обжиге сырья. При этом в соответствии с подходами, разработанными Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), принято различать энергетические (обусловленные сжиганием топлива) и технологические выбросы (связанные с разложением карбонатов и сгоранием органических соединений, присутствующих в сырье) [6].

В производстве керамического кирпича среднее мировое потребление энергии последовательно снижается (с 3,5 ГДж/т в 1970 г. до 1,5 ГДж/т в 2020 г.) [7]. В этот же период времени удельные выбросы CO<sub>2</sub> в отрасли снизились в два раза – с 310 кг CO<sub>2</sub>/т в 1970 г. до 158 кг CO<sub>2</sub>/т кирпича в 2021 г. [7]. Международный и отечественный опыт свидетельствует о том, что главным фактором снижения удельных выбросов CO<sub>2</sub> стало повышение энергоэффективности, в основном за счет внедрения новых типов печей для обжига кирпича [3–5, 8].

Некоторые компании сообщают о планах достижения углеродной нейтральности уже в 2030 г. Например, в Бельгии компания «Винербергер» (Wienerberger) запустила первую в отрасли производственную линию с нулевыми энергетическими выбросами парниковых газов. Сушилка и печь полностью электрифицированы; примерно четверть необходимой электроэнергии вырабатывается фотоэлектрической установкой на промплощадке, а остальная безуглеродная энергия закупается [9].

В целом производство керамических изделий, в первую очередь, кирпича, входит в число отраслей промышленности, для которых во многих странах

мира разрабатываются и реализуются программы декарбонизации. Таковы, например, программа Европейского союза «Продолжая наш путь к климатической нейтральности» (Continuing our Path towards Climate Neutrality) [3], «Дорожная карта Германии по производству низкоуглеродного кирпича и черепицы» (Roadmap for a Greenhouse Gas Neutral Brick and Roof Tile Industry in Germany) [4], «Пути ограничения воздействия на климат производства кирпича в Индии» (Climate Mitigation Pathways for the Brick Sector in India) [5]. В России задача снижения углеродоемкости промышленности сформулирована в Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.

В данной статье представлен опыт предприятия ООО «Винербергер Кирпич», расположенного во Владимирской области и выпускающего крупноформатные керамические камни (поризованные блоки). В 2015 г. руководство поставило цели в области повышения энергоэффективности производства и сокращения выбросов парниковых газов, в порядке достижения которых была разработана программа мероприятий, включающих как технологические и технические решения, так и мероприятия, характерные для систем энергетического менеджмента [10].

Специалисты предприятия принимали активное участие в разработке первого информационно-технического справочника (ИТС) по наилучшим доступным технологиям (НДТ) «Производство керамических изделий», который был выпущен в 2015 г., а также в его актуализации в 2023 г. В актуализированном ИТС 4-2023 впервые установлены индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов для производства керамического кирпича и камня [8]. НДТ повышения энергетической эффективности и сокращения углеродоемкости привлекают внимание широкого круга заинтересованных сторон, в том числе в связи с все более широким распространением зеленого строительства. Отметим, что именно углеродоемкость присутствует в качестве одного из основных критериев выбора строительных материалов в большинстве систем сертификации зеленых зданий [11].

**Цель статьи:** проанализировать опыт ООО «Винербергер Кирпич» по повышению энергоэффективно-

сти и сокращению выбросов парниковых газов при производстве крупноформатных керамических камней в контексте оценки позиции предприятия как производителя низкоуглеродной продукции для строительства.

### Методика исследований

Информационную основу исследования составили материалы ООО «Винербергер Кирпич», а также сведения об энергопотреблении и выбросах парниковых газов предприятиями, производящими керамические изделия в России и за рубежом. Использована информация базы данных Российского бюро НДТ и сведения, полученные в ходе актуализации в 2023 г. информационно-технического справочника по НДТ, который был опубликован как ИТС 4-2023 «Производство керамических изделий» [8]. Расчеты выбросов парниковых газов проведены в соответствии с приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.05.2022 г. № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов». В качестве дополнительного инструмента оценки результатов расчетов выбросов парниковых газов был применен модуль по расчету выбросов парниковых газов для керамической промышленности (производство кирпича), разработанный экспертами ООО «Центр энергоэффективности – XXI век». Ранее подобные работы были выполнены для производства цемента [12].

### Результаты и обсуждение

В компании ООО «Винербергер Кирпич», выпускающей крупноформатный керамический камень, в период 2016–2023 гг. была разработана и выполнена программа модернизации технологических участков и замены оборудования высокоэффективным; получили также развитие методы энергетического менеджмента [10]. Отметим, что к наилучшим доступным технологиям в ИТС 4-2023 отнесены НДТ 1 «Система энергетического менеджмента» и НДТ 2 «Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий» [8, 13].

Перечень мероприятий обсуждаемой программы включает:

- замену парового котла более эффективным котлом высокой мощности;
- установку системы возврата конденсата в котел;
- замену термоусадочной упаковочной машины более эффективной;
- реконструкцию системы подачи теплого воздуха в сушилку крупноформатных камней путем монтажа теплоизоляции частей сушилки и зачеканки щелей и отверстий на трубах подачи теплого воздуха;
- увеличение количества продукции на печном вагоне путем изменения расстояния между колоннами камней на печных вагонах; укладки камней на печном вагоне в 2–4 ряда; уменьшение групп работа-

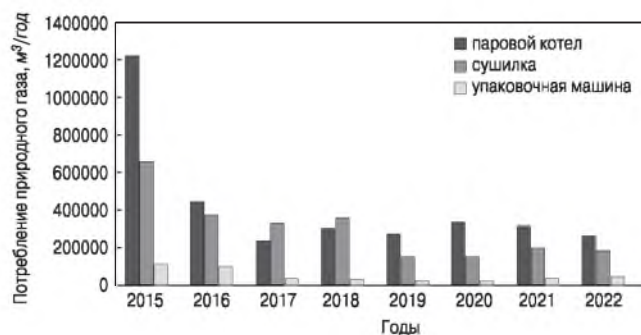


Рис. 1. Потребление газового топлива в период 2015–2022 гг.  
Fig. 1. Natural gas consumption in 2015–2022

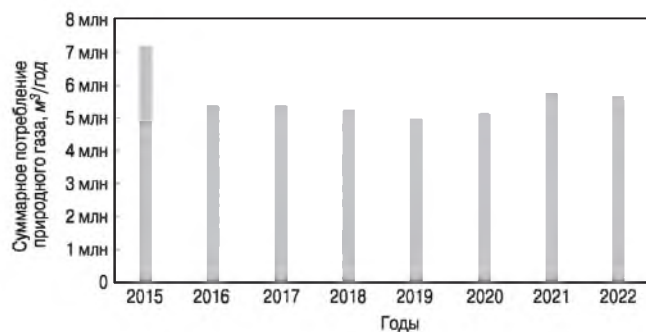


Рис. 2. Суммарное потребление природного газа за период реализации программы с учетом расхода газа в печи обжига  
Fig. 2. Total natural gas consumption for the period of the programme implementation, taking into account gas consumption in the kiln

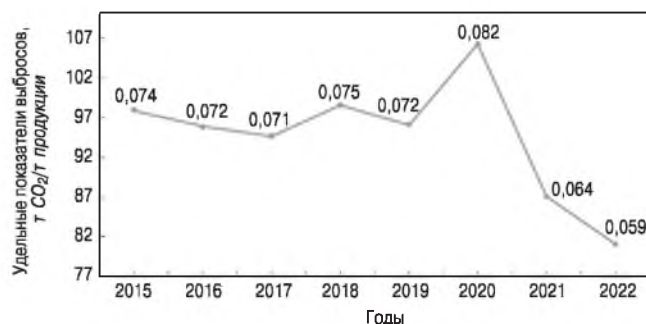


Рис. 3. Динамика изменения удельных энергетических выбросов CO<sub>2</sub>  
Fig. 3. Dynamics of energy-related specific CO<sub>2</sub> emissions

ющих горелок в печи в период низкой производительности.

Оценка сокращения выбросов CO<sub>2</sub> по результатам реализации мероприятий проведена путем вычисления разницы между выбросами за период реализации мероприятий и за базовый 2015 г.

На рис. 1 представлено изменение расхода природного газа на следующих источниках: паровой котел, сушилка, упаковочная машина. Можно видеть, что в результате замены парового котла (2016 г.), замены машины упаковки поддонов готовой продукции (2017 г.) и устранения потерь теплоносителя через щели сушилки продукции (2021–2022 гг.) удалось добиться снижения расхода природного газа.

Изменение суммарного ежегодного потребления газа за период реализации мероприятий, включая потребление в печи обжига, показано на рис. 2. Суммарное потребление природного газа сократи-

лось с 7 млн м<sup>3</sup>/год в 2015 г. до 5,7 млн м<sup>3</sup>/год в 2022 г.; при этом определяющий вклад в суммарное потребление топлива вносит печь обжига. В связи с проведением мероприятий по уменьшению групп горелок в печи в период низкой производительности снижение расхода природного газа в печи обжига начнет давать эффект только с 2022 г. Колебания ежегодного значения расхода газового топлива в печи обжига до 2022 г. обусловлены изменением производства продукции.

Динамика изменения удельного показателя выбросов CO<sub>2</sub> на тонну продукции представлена на рис. 3. Можно проследить снижение удельного показателя в периоды 2015–2017 гг., 2018–2019 гг., 2021–2022 гг. в рамках реализации мероприятий по повышению энергоэффективности производства. При этом в 2021–2022 гг. были реализованы решения, позволившие увеличить количество продукции на печном вагоне и соответственно увеличить производственную мощность по выпуску продукции. Скачки значений удельного показателя выбросов CO<sub>2</sub> (рис. 3) связаны с низкой производительностью компании в соответствующие периоды (2018 г., 2020 г.); в 2020 г. низкая производительность компании пришлась на период начала пандемии новой коронавирусной инфекции.

Результаты реализации мероприятий представлены на рис. 4. Можно видеть, к каким результатам привела реализация каждого из них. В итоге суммарное потребление природного газа сократилось более чем на 1,49 млн м<sup>3</sup> в 2022 г. по сравнению с 2015 г., что позволило снизить как суммарные, так и удельные энергетические выбросы CO<sub>2</sub>.

Реализация мероприятий по увеличению количества продукции на печном вагоне позволила достигнуть следующих результатов:

– при изменении расстояния между колоннами камней с 54–80 мм до 64 мм улучшилась циркуляция воздуха в печи, что способствует равномерному обжигу;

– увеличилось количество обжигаемого сырца продукта с 20,16 тыс. шт./сут (2021 г.) до 38,3 тыс. шт./сут (2023 г.);

– сократился удельный расход газа за период (с 4.03.2021 г. по 22.05.2023 г.) на 30%;

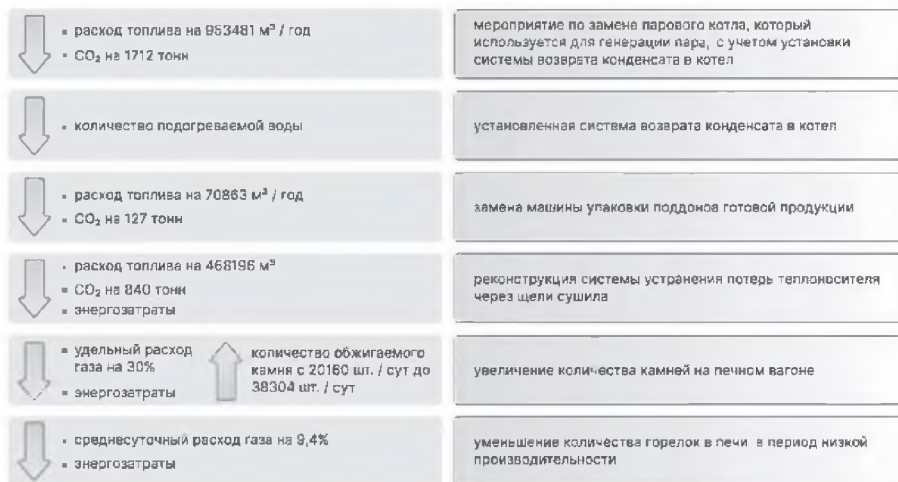
– в 2022 г. показатель удельных выбросов CO<sub>2</sub> сократился на 14% по сравнению с 2021 г.

Показатель удельного потребления энергии при производстве крупноформатных керамических камней в 2022 г. составил 1,19 ГДж/т, что значительно ниже установленного в ИТС 4-2023 целевого показателя (≤2,5 ГДж/т продукции) [8]. Отметим, однако, что целевой показатель установлен для отрасли в целом, он не дифференцирован в зависимости от типа производимой продукции (рядового кирпича, поризованных блоков и пр.).

Достигнутое в 2022 г. значение удельных выбросов CO<sub>2</sub> от стационарного сжигания топлива составило 59 кг CO<sub>2</sub>/т продукции. С учетом выбросов парниковых газов, образующихся в процессе разложения карбонатов, суммарное значение удельных выбросов составляет 82 кг CO<sub>2</sub>/т продукции, что значительно ниже, чем средние показатели по отрасли. Технологические выбросы оценены с помощью коэффициента выбросов, используемого в российской инвентаризации выбросов парниковых газов, – 0,04453515 т CO<sub>2</sub>/т глины (коэффициент приведен с числом значащих цифр в соответствии с подходами Министерства природных ресурсов и экологии).

Согласно ИТС 4-2023 [8] верхний уровень индикативного показателя (ограничительный) достигает 155 кг CO<sub>2</sub>/т, а нижний (стимулирующий предприятия к выполнению проектов, направленных на сокращение углеродоемкости продукции) составляет 106 кг CO<sub>2</sub>/т продукции. Отметим, что в настоящее время углеродное регулирование в Российской Федерации находится в стадии формирования [14–16]; при этом предполагается, что верхний уровень индикативного показателя может использоваться в рамках правового

регулирования отношений, связанных с ограничением выбросов парниковых газов. С учетом международного опыта в России могут быть установлены, например, квоты на выбросы парниковых газов; в настоящее время эксперимент по квотированию осуществляется в Сахалинской области [15]. При этом нижний уровень может найти (и уже находит) применение при принятии решений о государственной поддержке предприятий [14, 17]. Кроме того, нижний уровень удельных выбросов CO<sub>2</sub> для ряда отраслей промышленности включен в качестве критерия отбора про-



**Рис. 4.** Результаты реализации мероприятий по повышению энергоэффективности в период 2015–2022 гг.

**Fig. 4.** Results of the energy efficiency enhancement programme implementation in 2015–2022

ектов в таксономию проектов устойчивого, в том числе зеленого, развития в Российской Федерации [18].

### Заключение

Анализ опыта ООО «Винербергер Кирпич» свидетельствует о том, что в результате разработки и последовательной реализации программ, направленных на повышение энергетической эффективности производства, его модернизацию и внедрение наилучших доступных технологий, промышленное предприятие может добиться существенного сокращения углеродоемкости продукции.

Удельные энергетические и технологические выбросы парниковых газов (суммарно) не превышают 82 кг CO<sub>2</sub>/т крупноформатного керамического камня. Удельное потребление энергии составило 1,19 ГДж/т. Таким образом, предприятие может претендовать на получение мер государственной

поддержки, например субсидии из федерального бюджета на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, на реализацию инвестиционных проектов по внедрению наилучших доступных технологий в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 г. № 541. В случае расширения спектра отраслей промышленности, в которых могут выполняться зеленые проекты, предприятия, достигшие показателей 80–100 кг CO<sub>2</sub>/т, смогут участвовать в конкурсах таких проектов, так как достигнутый уровень углеродоемкости продукции значительно ниже, чем установленный в ИТС 4-2023 мотивационный индикативный показатель удельных выбросов парниковых газов для производства кирпича и камня керамического.

Мероприятия программы могут быть тиражированы с учетом особенностей производства в других компаниях отрасли.

### Список литературы

1. Rattle I., Gailani A., Taylor P.G. Decarbonization strategies in industry: going beyond clusters // *Sustainability Science*. 2024. Vol. 19, pp. 105–123. DOI: 10.1007/s11625-023-01313-4
2. Башмаков И.А. Масштаб необходимых усилий по декарбонизации мировой промышленности // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2022. Т. 8. № 2. С. 151–174. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-2-151-174
3. Ceramic Roadmap to 2050. Continuing our path towards climate neutrality. URL: <https://www.ceramicroadmap2050.eu/chapters/continuing-our-path-towards-climate-neutrality/>.
4. Jajal P., Tibrewal K., Mishra T., Venkataraman C. Economic assessment of climate mitigation pathways (2015–2050) for the brick sector in India // *Climate Change Signals and Response*. 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-0280-0
5. Roadmap for a greenhouse gas neutral brick and roof tile industry in germany. transition of the german brick and roof tile industry to greenhouse gas neutrality by 2050, 2020. URL: <https://cerameunie.eu/media/2987/roadmap-2050-bricks-roof-tile-full-version-de.pdf>
6. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 3. Revised in 2023. Industrial Processes and Product Use. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>
7. Sazedj S., Morais A.J., Jalali S. Comparison of embodied energy and carbon dioxide emissions of brick and concrete based on functional units. London, 2021. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/62468024.pdf>
8. Производство керамических изделий: Информационно-технический справочник по наилучшим

### References

1. Rattle I., Gailani A., Taylor P.G. Decarbonization strategies in industry: going beyond clusters. *Sustainability Science*. 2024. Vol. 19, pp. 105–123. DOI: 10.1007/s11625-023-01313-4
2. Bashmakov I.A. The Scale of Efforts Needed to Decarbonize Global Industry. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*. 2022. Vol. 8. No. 2, pp. 151–174. (In Russian). DOI: 10.21513/2410-8758-2022-2-151-174
3. Ceramic Roadmap to 2050. Continuing our path towards climate neutrality. URL: <https://www.ceramicroadmap2050.eu/chapters/continuing-our-path-towards-climate-neutrality/>
4. Jajal P., Tibrewal K., Mishra T., Venkataraman C. Economic assessment of climate mitigation pathways (2015–2050) for the brick sector in India. *Climate Change Signals and Response*. 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-0280-0
5. Roadmap for a greenhouse gas neutral brick and roof tile industry in germany. transition of the german brick and roof tile industry to greenhouse gas neutrality by 2050, 2020. URL: <https://cerameunie.eu/media/2987/roadmap-2050-bricks-roof-tile-full-version-de.pdf>
6. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 3. Revised in 2023. Industrial Processes and Product Use. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>
7. Sazedj S., Morais A.J., Jalali S. Comparison of embodied energy and carbon dioxide emissions of brick and concrete based on functional units. London, 2021. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/62468024.pdf>
8. Ceramic manufacturing industry ITS 4-2023: Reference document on best available techniques /



- доступным технологиям ИТС 4–2023 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Издание официальное. М.: Бюро НДТ, 2023. 319 с.
9. First CO<sub>2</sub>-neutral brick production line launched in Kortemark. Ceramic World Web. URL: <https://ceramicworldweb.com/en/news/wienerberger-first-co2-neutral-brick-production-line-launched-kortemark>.
  10. Скобелев Д.О., Степанова М.В. Энергетический менеджмент: прочтение 2020. М.: Колорит, 2020. 92 с. URL: <http://ecoline.ru/wp-content/uploads/energy-management-2020.pdf>.
  11. Зеленое строительство уже в России // *Энергосбережение*. 2021. № 3 (8). URL: <https://nplus1.ru/material/2023/12/11/green-building>
  12. Башмаков И.А., Потапова Е.Н., Борисов К.Б., Лебедев О.В., Гусева Т.В. Декарбонизация цементной отрасли и развитие систем экологического и энергетического менеджмента // *Строительные материалы*. 2023. № 9. С. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-817-9>
  13. Захаров А.И., Голуб О.В., Санжаровский А.Ю., Михайлиди Д.Х. Производство керамических изделий в России. Роль отраслевого информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям как инструмента модернизации // *Техника и технология силикатов*. 2023. Т. 30. № 3. С. 241–251.
  14. Доброхотова М.В., Матушанский А.В. Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода // *Экономика устойчивого развития*. 2022. № 2 (50). С. 63–68.
  15. Скобелев Д.О. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности как инструмент достижения целей устойчивого развития // *Journal of New Economy*. 2020. № 4. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-4-8
  16. Зажигалкин А.В., Доброхотова М.В., Черкаска С.В. Парниковые газы и наилучшие доступные технологии. Инфраструктура стандартизации // *Стандарты и качество*. 2023. № 5. С. 44–48.
  17. Скобелев Д.О., Волосатова А.А. Разработка научного обоснования системы критериев зеленого финансирования проектов, направленных на технологическое обновление российской промышленности // *Экономика устойчивого развития*. 2021. № 1 (45). С. 181–188.
  18. Гусева Т.В., Волосатова А.А., Тихонова И.О. Направления совершенствования таксономии зеленых проектов для устойчивого развития промышленности // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2022. Т. 24. № 5 (109). С. 28–35.
  - Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Official edition. Moscow: BAT Bureau, 2023. 319 p. (In Russian).
  9. First CO<sub>2</sub>-neutral brick production line launched in Kortemark. Ceramic World Web. URL: <https://ceramicworldweb.com/en/news/wienerberger-first-co2-neutral-brick-production-line-launched-kortemark>
  10. Skobelev D.O., Stepanova M.V. Energeticheskii menedzhment: prochtenie 2020 [Energy Management: Interpretation 2020]. Moscow: Kolorit, 2020. 92 p. URL: <http://ecoline.ru/wp-content/uploads/energy-management-2020.pdf>
  11. Green construction in Russia. *Energosberezhenie*. 2021. No. 3 (8). URL: <https://nplus1.ru/material/2023/12/11/green-building>. (In Russian).
  12. Bashmakov I.A., Potapova E.N., Borisov K.B., Lebedev O.V., Guseva T.V. Decarbonization of the cement industry and development of environmental and energy management systems. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2023. No. 9, pp. 4–12. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-817-9>
  13. Zakharov A.I., Golub O.V., Sanzharovskiy A.Yu., Mikhailidi D.Kh. Ceramic manufacturing industry in russia. the role of the reference document on best available techniques as a modernization tool. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2023. Vol. 30. No. 3, pp. 241–251. (In Russian).
  14. Dobrokhotova M.V., Matushanskiy A.V. Implementation of best available techniques the purpose of technological transformation of industry in the context of the energy transition. *Ekonomika ustoichivogo razvitiya*. 2022. No. 2 (50), pp. 63–68. (In Russian).
  15. Skobelev D.O. Industrial policy for enhancing resource efficiency as a tool for achieving sustainable development goals. *Journal of New Economy*. 2020. No. 4. (In Russian). DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-4-8
  16. Zazhigalkin A.V., Dobrokhotova M.V., Cherkaskaya S.V. Greenhouse gases and best available techniques. Standardization infrastructure. *Standarty i kachestvo*. 2023. No. 5, pp. 44–48 (In Russian).
  17. Skobelev D.O., Volosatova A.A. Developing a scientific rationale for a system of criteria for green financing of projects aimed at the technological renewal of Russian industry. *Ekonomika ustoichivogo razvitiya*. 2021. No. 1 (45), pp. 181–188. (In Russian).
  18. Guseva T.V., Volosatova A.A., Tikhonova I.O. Directions for improving the taxonomy of green projects for sustainable industrial development. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2022. Vol. 24. No. 5 (109), pp. 28–35. (In Russian).