

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 1 / 2024, Vol. 16, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/46SAVN124.pdf>

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ласман, И. А. Модифицированный эффективный керамический кирпич / И. А. Ласман, З. А. Мевлидинов, Т. И. Левкович, Н. И. Токар, В. С. Самойлова // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/46SAVN124.pdf>

For citation:

Lasman I.A., Mevlidinov Z.A., Levkovich T.I., Tokar N.I., Samoylova V.S. Modified efficient ceramic brick. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024; 16(1): 46SAVN124. Available at: <https://esj.today/PDF/46SAVN124.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 691.421

ГРНТИ 67.15.47

Ласман Ирина Александровна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: i.Lasman@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-7496>

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: zelgedinm@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-8339>

Левкович Татьяна Ивановна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: tilevkovich@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

Токар Николай Иванович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikolay_tokar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

Самойлова Виталия Станиславовна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Аспирант 2 курса
E-mail: vitaliyalasman@mail.ru

Модифицированный эффективный керамический кирпич

Аннотация. Важнейшей проблемой строительства и проектирования в настоящее время является экономичная тепловая защита зданий и сооружений. Значительная часть общих потерь тепла приходится на ограждающие конструкции зданий. В конструкциях стен,

выполненных из различных материалов, потери тепла составляют от 38 до 40 %. Поэтому на сегодняшний день одной из немало важных задач является улучшение теплозащитных качеств ограждающих конструкций и снижение теплопотерь через них.

Авторами статьи рассмотрены перспективные технические решения и материалы для повышения эксплуатационных характеристик эффективного керамического кирпича. Для получения эффективного керамического кирпича по ресурсосберегающей технологии авторами статьи были применены нетрадиционные материалы и добавки.

Результаты исследований, полученные авторами, позволяют улучшить эксплуатационные характеристики, расширить сырьевую базу и сэкономить природные сырьевые материалы при производстве керамического кирпича.

Ключевые слова: керамический кирпич; сырьевые композиции; микрокремнезём; дисперсное армирование; комплексная добавка; добавка-модификатор; ресурсосберегающая технология; физико-механические свойства; эксплуатационные характеристики

Введение

Последние годы с учётом требований на экологичность, экономичность и долговечность привели к разработке новых материалов и технологий, применяемых в строительстве.¹

Для каждого региона Российской Федерации строительство является важной сферой деятельности и оказывает значительное влияние не только на его экономическое развитие, но и социальное. Повысить уровень качества жизни россиян можно за счёт развития жилищного строительства. Этому будет также способствовать майский указ Президента Российской Федерации, так как к 2024 году необходимо достичь увеличения объёма жилищного строительства не менее 120 млн м² в год.² Поэтому повышение устойчивости регионального строительного комплекса и экономической эффективности его деятельности на сегодняшний день является актуальным и перспективным.

Основу строительного комплекса составляют промышленность строительных материалов и строительная отрасль. Возможность увеличения эффективности строительной отрасли во многом зависит от развития промышленности строительных материалов [1].

Новую волну популярности в стремительно меняющихся условиях обрели традиционные материалы.³ В списке двадцати самых популярных строительных материалов и их использования в 2023 году в жилищном строительстве четвёртое место занимает керамический кирпич.⁴ В общем балансе применения стеновых материалов доля его составляет 33 %.

¹ Российский рынок кирпича: итоги 2023 года. — Текст: электронный // URL: <https://archi.ru/tech/99393/rossiiskii-rynok-kirpicha> (дата обращения: 13.11.2023).

² «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». РБК. 2018. — Текст: электронный // URL: <https://www.rbc.ru/politic07/05/2018/5af060c79a79472bc16ff1f9>. (дата обращения: 15.11.2023).

³ Тренды на материалы — из чего строили и будут строить в 2023 году. Мнения. Апрель 4, 2023. — Текст: электронный // URL: <https://welcometimes.ru/opinions/trendy-na-materialy-iz-chego-stroili-i-budut> (дата обращения: 17.11.2023).

⁴ Аналитика и исследование рынка строительных материалов. Анализ рынка кирпича в России. Про рынок. М.: 2023. 10 с. — Текст: электронный // URL: <https://cmpro.ru/rus/catalog/analitika/stenovie-materiali/pro-rinok.-analiz-rinka-kirpicha-v-rossii.-sentyabr-2023.html>. (дата обращения: 18.11.2023).

Но в настоящее время в связи с истощением природных запасов керамическая промышленность испытывает дефицит минерального сырья. Сырьевые компоненты приходится корректировать добавками или другими видами сырья, такими как отходы промышленных предприятий [2–6]. Использование их в качестве дополнительных источников сырья позволит, не только создавать, но и развивать современные инновационные технологии для керамической промышленности.

При интенсивном накоплении промышленных отходов уровень их утилизации невысок. Но применение современных технологии позволяет не только использовать промышленные отходы, как один из перспективных ресурсов для производства материалов нового качества, но и получать новые материалы с улучшенными потребительскими свойствами [4–6].

На сегодняшний день одной из важных задач для проектирования и строительства безопасных, долговечных и экономически эффективных ограждающих конструкций имеет решающее значение выбор и применение правильно подобранного стенового материала [7] к которым и относится эффективный керамический кирпич. Поэтому для его производства необходимо:

- использование высококачественных сырьевых материалов;
- усовершенствование технологии;
- применение автоматизированных и высокомеханизированных технологических линий на базе современного отечественного и импортного оборудования;
- улучшение внутренней структуры и качества выпускаемой продукции [4];
- расширение ассортимента [8–10].

Производство эффективной стеновой керамической продукции позволит:

- постепенно заменить традиционный полнотелый кирпич;
- создавать облегченные конструкции панелей для индустриализации строительства;
- уменьшить массу и толщину наружных стен без снижения их теплозащитных свойств.

Теплозащитные свойства керамических изделий напрямую зависят от их плотности. Внутренняя структура керамических изделий непосредственно влияет на теплопроводность. При этом теплосберегающие характеристики кирпича определяются коэффициентом теплопроводности, который с целью обеспечения желаемых показателей теплосбережения обязательно используется при проектировании зданий для расчета толщины наружных стен.

Постановка цели и определение задач

Целью работы является исследование влияния сырьевых композиций на эксплуатационные свойства керамического кирпича.

Для достижения поставленной цели авторами были определены следующие задачи исследования:

- выбор и изучение сырьевых материалов для производства эффективного керамического кирпича по ресурсосберегающей технологии;
- разработка и оптимизация составов сырьевых композиций для получения эффективного керамического кирпича по ресурсосберегающей технологии;

- установление зависимости, связывающей состава с физико-механическими и эксплуатационными свойствами эффективного керамического кирпича;
- снижение средней плотности и коэффициента теплопроводности керамических образцов;
- определение наиболее рационального состава эффективного керамического кирпича.

Результаты исследования

В качестве сырьевых материалов применяли: глину⁵ (Г) для керамических изделий; перлитовый песок⁶ (ПП); микрокремнезем⁷ (МК); комплексную добавку: противоморозную с С-3 (ДПМ с С-3), суперпластификатор С-3⁸ в порошке (С-3п); высокоэффективную водоредуцирующую пластифицирующую добавку (ВЭВРПД); добавку-модификатор⁹ (пенополистирольные гранулы (ППСГ)).

Исследование влияния сырьевых компонентов на свойства керамических образцов осуществлялось на одиннадцати сырьевых композициях, разработанных авторами (табл. 1).

Таблица 1

Сырьевые композиции для приготовления формовочной массы

Номер сырьевой композиции, наименование компонентов	Соотношение сырьевых компонентов, масс. ч.
1 — контрольная — Г: В	1:0,3
2 — Г:В:ПП	1:0,175:0,25
3 — Г:В:ПП:ВЭВРПД	1:0,175:0,20:0,125
4 — Г:В:ПП:ВЭВРПД	1:0,175:0,10:0,25
5 — Г:В:ПП:МК:ДПМ с С-3	1:0,29:0,45:0,26:0,010
6 — Г:В:ПП:МК:ДПМ с С-3	1:0,281:0,25:0,063:0,019
7 — Г:В:ПП:ВЭВРПД	1:0,17: 0,25:0,13
8 — Г:В:ПП: С-3п	1: 0,17:0,25:0,13
9 — Г:В:ПП	1:0,3:0,43
10 — Г:В:ПП:МК:С-3п	1:0,288:0,45:0,034:0,012
11 — Г:В:ПП:МК:С-3п	1:0,283:0,25:0,047:0,017

Составлена авторами

Изготовление образцов осуществлялось в следующей последовательности:

- приготовление формовочной массы заданного состава;
- формование образцов размером 70,0×70,0×70,0 мм;
- сушка образцов;

⁵ ГОСТ 9169-2021. Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация. Взамен ГОСТ 9169-79; введ. 01.04.2022 г. — М.; ФГБУ «РСТ», 2021. — 8 с.

⁶ ГОСТ 10832-2009. Песок и щебень перлитовые вспученные. Технические условия. Взамен ГОСТ 10832-91; введ. 01.01.2011 г. — М.; Стандартинформ, 2011. — 18 с.

⁷ ГОСТ Р 58890-2020. Микрокремнезем конденсированный для бетонов и строительных растворов. Технические условия. Введён 01.01.2021 г. — М.: Стандартинформ, 2020. — 14 с.

⁸ Рекомендации по применению суперпластификатора С-3: <https://glavchem.com/rekomendaczii-po-primeneniyu-superplastifikatora-c-3.html> (дата обращения: 10.12.2023).

⁹ ТУ 2244-005-86901126-2012. Гранула пенополистирольная ТИС Технические условия: <http://www.tis-e.ru/produktcija/granulirovannyj> — (дата обращения: 12.12.2023).

- обжиг образцов;
- испытание образцов и обработка полученных результатов.

Приготовление формовочной массы заданного состава проводилось в два этапа:

- глину и микрокремнезём тщательно перемешивали с водой и добавками до получения однородного шликера;
- затем в шликер при непрерывном перемешивании в течение 2-х минут постепенно добавляли перлитовый песок до получения однородной формовочной массы.

Формование образцов осуществляли на виброплощадке. Каждую ячейку формы заполняли приготовленной формовочной массой вровень с краями. По мере уплотнения массы и ее оседания в форму добавляли некоторое количество перлитоглиняной смеси так, чтобы ее уровень был вровень с краями формы. Вибрирование массы осуществляли при амплитуде колебаний, равной до 0,3 мм, в течение 120 с.

Отформованные образцы выдерживали в формах в течение 10 мин, а затем осторожно снимали борта формы. Промаркированные образцы на поддонах высушивали в течение:

- 4 суток в естественных условиях;
- 12 часов в сушильном шкафу при температуре 120°C до остаточной влажности от 4 до 5 %.

Обжиг образцов производили в лабораторной печи по следующему режиму:

- подъем температуры до 980°C в течении 6 часов;
- выдерживание при максимальной температуре 1 час.

Охлажденные образцы подвергали испытанию на среднюю плотность и прочность на сжатие по ГОСТ7025-91¹⁰, ГОСТ530-2012.¹¹

Полученные результаты испытаний керамических образцов представлены на рисунках 1–3.

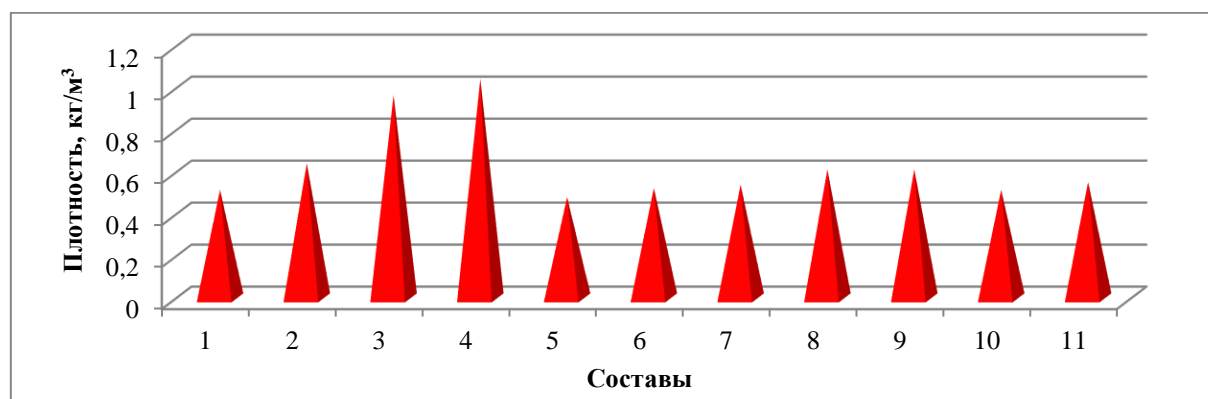


Рисунок 1. Влияние состава сырьевой композиции на среднюю плотность керамических образцов (составлено авторами)

¹⁰ ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. Взамен ГОСТ 7025-78; введ. 01.07.2006. М.: Стандартинформ. — 2006, 7 с.

¹¹ ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 530-2007; введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ. — 2013, 28 с.

При определении средней плотности из 11 образцов наилучшими оказался состав № 5 (Г:В:ПП:МК:ДПМ с С-3) — 480 кг/см³.

Средняя плотность керамических образцов снизилась на 6,8 % по сравнению с контрольным составом (№ 1).

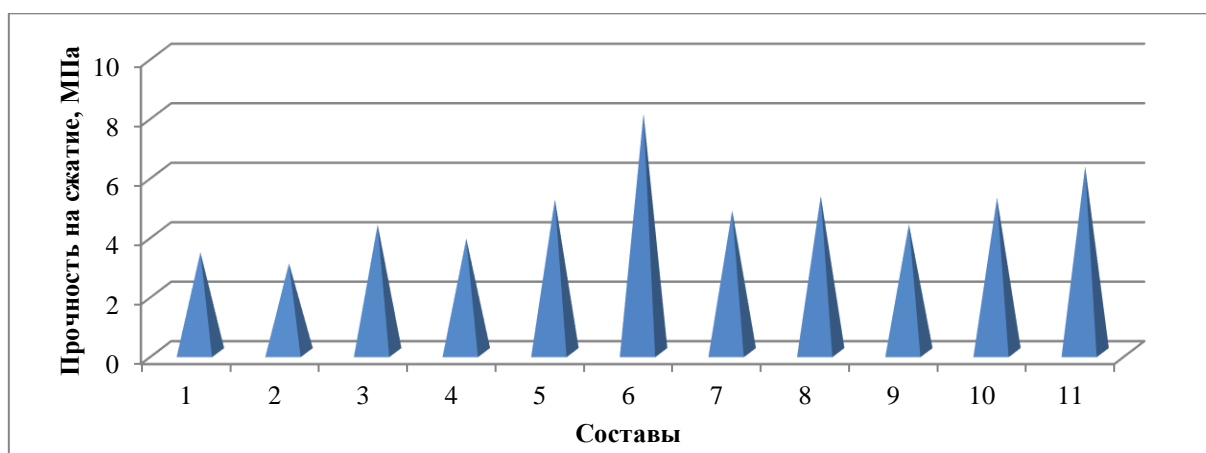


Рисунок 2. Влияние состава сырьевой композиции на прочность при сжатии керамических образцов (составлено авторами)

Наилучшие результаты по прочности на сжатие показали образцы из составов под номерами 6 (Г, ПП, ДПМ с С-3) и 11 (Г, ПП, МК и С-3 в порошке).

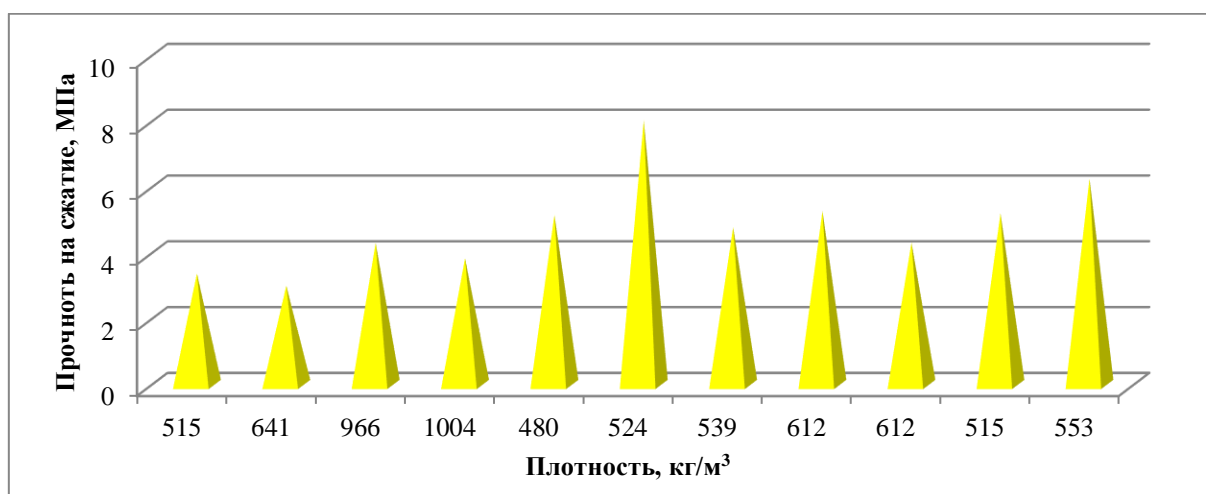


Рисунок 3. Влияние плотности на прочность при сжатии керамических образцов (составлено авторами)

В результате исследования одиннадцати составов было установлено, что лучшие показатели по прочности на сжатие в зависимости от плотности показали образцы под № 6 (Г, ПП, ДПМ с С-3) и № 11 (Г, ПП, МК и С-3 в порошке):

- при плотности 524 кг/м³ прочность на сжатие составляет 7,21 МПа;
- при плотности 553 кг/м³ прочность на сжатие составляет 5,73 МПа.

Введение в сырьевую композицию № 6 и № 11 микрокремнезёма позволяет дисперсно армировать и упрочнять керамические образцы. Прочность на сжатие керамических образцов повысилась в 2,4 раза (№ 6) и 1,9 раз (№ 11) по сравнению с контрольным составом.

Внешний вид керамических образцов (состав 6 и 11) до и после испытания представлен на рисунке 4 и 5.



Рисунок 4. Внешний вид керамических образцов состава 6 до и после испытания (представлено авторами)



Рисунок 5. Внешний вид керамических образцов состава 11 до и после испытания (представлено авторами)

Использование перлитового песка приводит к увеличению средней плотности керамических образцов состава 6 и 11 в 1,01 и 1,07 раза по сравнению с контрольным составом 1. Это можно объяснить тем, что температура плавления перлитового песка составляет 1 260°C, и превышает температуру обжига керамических образцов (980°C). Поэтому перлитовый песок при обжиге не выгорает и не образует поры в керамических образцах.

Коэффициент теплопроводности керамических образцов этих же составов увеличился соответственно на 0,47 % и 2,34 % по сравнению с контрольным составом. Поэтому авторами было принято решение для увеличения пористости и снижения средней плотности керамических образцов, дополнительно ввести в составы 6 и 11 пенополистирольные гранулы в количестве 10 % и 20 %.

Исследование влияния пенополистирольных гранул, вспученного перлитового песка и добавок, а также дисперсного армирования керамической массы на физико-механические свойства керамических образцов проводилось на образцах размером 70,0×70,0×70,0 мм (табл. 2).

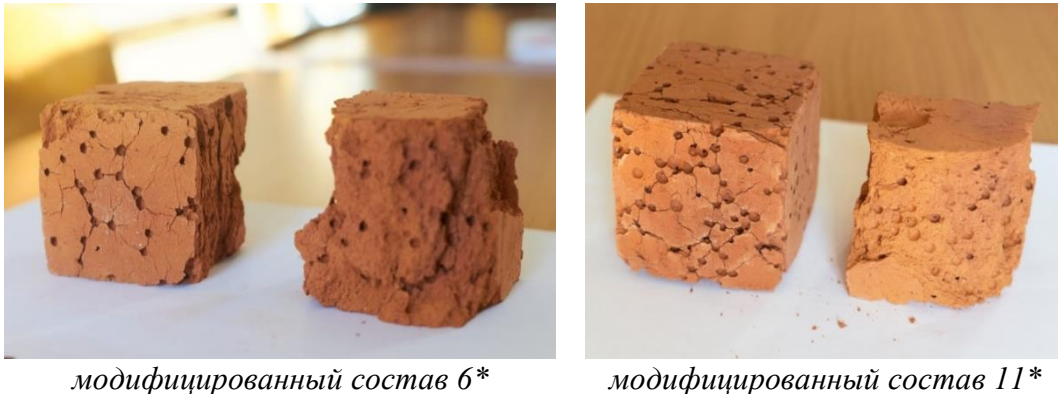
Таблица 2

Свойства керамических образцов модифицированных пенополистирольными гранулами

Наименование состава	Прочность на сжатие, МПа	Марка по прочности	Средняя плотность, кг/м ³	Класс средней плотности изделия	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
К 6	7,21	М75	524	0,7	0,429
К11	5,73	М50	553	0,7	0,437
М 6 *	6,43	М50	324	0,7	0,384
М11 *	4,98	М50	358	0,7	0,393

Составлено авторами

Внешний вид и внутренняя поверхность керамических образцов модифицированных пенополистирольными гранулами (состав М6* и М11*) до и после испытаний представлен на рисунке 6.



модифицированный состав 6*

модифицированный состав 11*

Рисунок 6. Внешний вид и внутренняя поверхность модифицированных керамических образцов (состав М6* и М11*) (представлено авторами)

В результате модификации сырьевых составов 6 и 11 пенополистирольными гранулами было установлено, что:

- во время обжига керамической массы происходит выгорание пенополистирольных гранул и образование дополнительных пустот округлой формы;
- снижается средняя плотность на 32,3 % и 41,4 % и прочность на сжатие на 10,8 % и 13,1 % по сравнению с контрольными составами К 6 и К11;
- коэффициент теплопроводности уменьшается на 10,5 % и 10,8 % по сравнению с контрольными составами К6 и К11.

В результате модификации сырьевых составов 6 и 11 пенополистирольными гранулами было установлено, что наилучшие показатели по средней плотности, прочности на сжатие и коэффициенту теплопроводности керамических образцов показал состав М6*.

Заключение

В результате экспериментальных исследований авторами было установлено, что:

- На физико-механические свойства керамических образцов оказывают влияние составы сырьевых композиций, этому свидетельствуют графические зависимости, представленные на рисунках 1–3.
- Применение микрокремнезёма с комплексной добавкой (ДПМ с С-3) позволяет дисперсно армировать, и упрочнять керамические образцы: прочность на сжатие керамических образцов повысилась в 2,4 раза (№ 6) и 1,9 раз (№ 11) по сравнению с контрольным составом (№ 1).
- Введение пенополистирольных гранул в качестве добавки — модификатора в сырьевых композициях М6* и М11* по сравнению с не модифицированными составами 6 и 11 снижает:
 - среднюю плотность в 1,5 и 1,7 раза;
 - прочность на сжатие в 1,1 и 1,2 раза;
 - коэффициент теплопроводности в 1,12 и 1,13 раза.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность улучшения эксплуатационных характеристик керамического кирпича за счёт применения добавки-модификатора в сырьевых композициях № 6 и № 11. Наилучшим составом является состав М6*.

Использование природного и техногенного сырья, а также нетрадиционных сырьевых материалов с применением ресурсосберегающей технологии для получения керамического кирпича, позволяют не только улучшить эксплуатационные характеристики, но и расширить сырьевую базу за счёт перспективных ресурсов для его производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербакова А.А., Усова А.С. Оценка состояния и перспективы развития промышленности строительных материалов региона. // Вопросы территориального развития. Выпуск 4(49), 2019. Текст: электронный // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya-promyshlennosti-stroitelnyh-materialov-regiona/viewer>. (дата обращения: 15.11.2023).
2. Ласман И.А., Алиев Т.Н., Ласман В.С. Повышение эксплуатационных характеристик керамического кирпича. «Инновации в строительстве — 2018»: материалы междунар. науч. — практ. конф. строительного института ФГБОУ ВО «БГИТУ», 22–24 ноября 2018 г. ред. кол.: А.В. Городков, И.Н. Серпик, В.В. Плотников, Н.П. Лукутцова, С.Г. Парфёнов, З.А. Мевлидинов, И.А. Кузовлева. — Брянск: ООО «Новый проект», 2018. — С. 282–287.
3. Алиев Т.Н., Ласман В.С., Ласман И.А. Эффективный керамического кирпич с улучшенными эксплуатационными характеристиками // Молодые учёные — развитию национальной технологической инициативы (Поиск). Изд-во ИГПУ г. Иваново — 2019. С. 118–120.
4. Влияние органоминеральной добавки на основе волостанита на свойства и структуру строительной керамики / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.В. Васюнина [и др.] // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова-2017. — № 12. С. 38–43.
5. Макаров Д.В., Мелконян Р.Г., Суворова О.В., Кумарова В.А. перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 5. С. 254–281.
6. Буравчук, Н.И. Использование техногенного сырья в технологии керамического кирпича / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова // Инноватика и экспертиза: научные труды. — 2020. — № 2(30). — С. 160–169. — DOI 10.35264/1996-2274-2020-2-160-169. — EDN АННЗСК.
7. Гнездилова О.А., Хрюкин Ю.А. Современные энергосберегающие материалы и технологии в ограждающих конструкциях. Ч. 1. Стены и фасады / О.А. Гнездилова, Хрюкин. — Иркутск: ИрГУПС, 2017. — 81 с.
8. Кривокульская А.М. Использование твердых отходов пенобетона в производстве керамического кирпича / А.М. Кривокульская, В.В. Суконников, Е.Р. Дементьева // «Пенобетон-2007»: матер. междунар. научно-практ. конф. ПГУПС, СПб., 2007. С. 176–179.

9. Кривокульская А.М. Новые теплоизоляционные материалы с использованием техногенного сырья / Л.Л. Масленникова, А.М. Кривокульская // Новые исследования в материаловедении и экологии: сб. науч. ст. ПГУПС, СПб., 2008. Вып. 8. С. 50–52.
10. Ковчур С.Г. Керамический кирпич с добавлением осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций / С.Г. Ковчур, А.В. Гречаников, М.С. Ковчур, И.А. Тимонов, В.Н. Потоцкий // БГТУ. серия 2. № 2. 2018. С. 146–153.

Lasman Irina Aleksandrovna

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: i.Lasman@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-7496>

Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: zelgedinm@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-8339>

Levkovich Tatiana Ivanovna

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: tilevkovich@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

Tokar Nikolai Ivanovich

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: nikolay_tokar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

Samoylova Vitaliya Stanislavovna

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: vitaliyalasman@mail.ru

Modified efficient ceramic brick

Abstract. The most important problem of construction and design at present is the economical thermal protection of buildings and structures. A significant part of the total heat loss is accounted for by the enclosing structures of buildings. In wall structures made of various materials, heat losses range from 38 to 40 %. Therefore, today one of the many important tasks is to improve the thermal protection qualities of enclosing structures and reduce heat loss through them.

The authors consider promising technical solutions and materials to improve the performance of effective ceramic bricks. To obtain effective ceramic bricks using resource-saving technology, the authors of the article used non-traditional materials and additives.

The research results obtained by the authors make it possible to improve operational characteristics, expand the raw material base and save natural raw materials in the production of ceramic bricks.

Keywords: ceramic brick; raw materials compositions; silica; dispersed reinforcement; complex additive; additive modifier; resource-saving technology; physical and mechanical properties; operational characteristics