

Получение лицевого керамического кирпича с улучшенными свойствами

Ирина В. Кузнецова	1	kuznetsovaiv@mail.ru	 0000-0001-6666-6292
Анастасия В. Дошина	2	nastyadoshina@ya.ru	
Светлана Е. Плотникова	1	burkovasweta@ya.ru	 0000-0002-6331-554x
Елена М. Горбунова	1	lobanova8686@gmail.com	 0000-0002-3550-0115
Сабухи И. Нифталиев	1	niftaliev@mail.com	 0000-0001-7887-3061
Владимир С. Сертаков	1	vova.petrudin2017@ya.ru	 0009-0000-9359-9339

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

2 ООО Тербунский гончар, 399540, Липецкая область, с. Тербуны, ул. Дорожная 5в

Аннотация. Распространенной проблемой внешнего вида кирпича выступает высолообразование – белый или зеленоватый налет на кирпичных строениях. При этом не только портится внешний вид, но и происходит ускоренное разрушение кладки, дефекты в виде сколов, отстрелов, снижение морозостойкости и ухудшение марки кирпича по прочности. Высолы образуются при испарении капиллярной влаги, которая может находиться как в самом изделии, так и в растворе для кладки, и последующей кристаллизации солей на поверхности кирпича. Для предотвращения высолообразования предлагается обработать изделие после обжига в туннельной печи 40–45 % водным раствором метилсиликоната калия (жидкость кремнийорганическая гидрофобизирующая). Экспериментально подобрана концентрация раствора метилсиликоната калия. Оптимальное соотношение водного раствора метилсиликоната калия к воде составило 2:1000. Представлен анализ внешнего вида лицевых поверхностей после обработки анализируемыми растворами на 1-й, 3-й и 7-й день после обработки. Внешний вид изделия после обработки остается без изменений, сохраняется паропроницаемость, не изменяется газонепроницаемость материала. Водопоглощение изделий определяли при атмосферном давлении в воде с температурой (20±5 °C). Обработка изделий водным раствором метилсиликоната калия приводит к незначительному повышению показателей водопоглощения, что сохранит качество и прочность кирпича в местностях с суровыми климатическими условиями. Испытания на морозостойкость проводили при объемном замораживании. Установлено положительное влияние обработки гидрофобизирующим раствором на морозостойкость кирпича. Результаты испытаний на прочность и изгиб подтвердили эффективность использования раствора метилсиликоната калия. Испытуемым образцам присвоена марка прочности М 250.

Ключевые слова: лицевой кирпич, высолы, метилсиликонат калия, гидрофобизатор, морозостойкость, водопоглощение, прочность на изгиб и сжатие.

Obtaining a ceramic face brick with improved properties

Irina V. Kuznetsova	1	kuznetsovaiv@mail.ru	 0000-0001-6666-6292
Anastasiya V. Doshina	2	nastyadoshina@ya.ru	
Svetlana E. Plotnikova	1	burkovasweta@ya.ru	 0000-0002-6331-554x
Elena M. Gorbunova	1	lobanova8686@gmail.com	 0000-0002-3550-0115
Sabukhi I. Niftaliev	1	niftaliev@mail.com	 0000-0001-7887-3061
Vladimir S. Sertakov	1	vova.petrudin2017@ya.ru	 0009-0000-9359-9339

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

2 Terbunski gonchar, v. Terbuny, 5b Dorozhnaya, 399540, Russia

Abstract. A common problem with the appearance of bricks is efflorescence, a white or greenish coating on brick structures. This not only spoils the appearance, but also accelerates the destruction of the masonry, causes defects in the form of chips, shoots, a decrease in frost resistance and deterioration of the brick grade in strength. Efflorescence is formed by the evaporation of capillary moisture, which can be found both in the product itself and in the masonry mortar, and the subsequent crystallization of salts on the surface of the brick. To prevent efflorescence, it is proposed to treat the product after firing in a tunnel kiln with a 40–45% aqueous solution of potassium methylsiliconate (organosilicon water-repellent liquid). The concentration of potassium methylsiliconate solution was experimentally selected. The optimal ratio of an aqueous solution of potassium methylsiliconate to water was 2:1000. An analysis of the appearance of the front surfaces after treatment with the analyzed solutions on the 1st, 3rd and 7th day after treatment is presented. The appearance of the product after treatment remains unchanged, vapor permeability is preserved, and gas impermeability of the material does not change. Water absorption of the products was determined at atmospheric pressure in water with a temperature of (20±5 °C). Treatment of products with an aqueous solution of potassium methylsiliconate leads to a slight increase in water absorption rates, which will preserve the quality and strength of the brick in areas with severe climatic conditions. Frost resistance tests were carried out with volumetric freezing. A positive effect of treatment with a water-repellent solution on the frost resistance of the brick was established. The results of strength and bending tests confirmed the effectiveness of using a potassium methylsiliconate solution. The test samples were assigned strength grade M 250.

Keywords: facing brick, efflorescence, potassium methylsiliconate, water repellent, frost resistance, water absorption Bending strength limit, compressive strength.

Для цитирования

Кузнецова И.В., Дошина А.В., Плотникова С.Е., Горбунова Е.М., Нифталиев С.И., Сертаков В.С. Получение лицевого керамического кирпича с улучшенными свойствами // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 201–206. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-201-206

For citation

Kuznetsova I.V., Doshina A.V., Plotnikova S.E., Gorbunova E.M., Niftaliev S.I., Sertakov V.S. Obtaining a ceramic face brick with improved properties. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4. pp. 201–206. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-201-206

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В наше время преобладает высокий спрос на облицовочный керамический кирпич. Сырьем для производства облицовочного кирпича являются глины с повышенной тугоплавкостью, физико-химические свойства которых необходимо контролировать в лаборатории [1].

Лицевой кирпич в ровной, однотонной кладке смотрится солидно и качественно. Но для этого должно быть обеспечено высокое качество изготовления кирпича и произведена профессиональная кладка. Распространенной проблемой внешнего вида облицовочного кирпича выступает высолообразование – белый или зеленоватый налет на кирпичных строениях [2]. Мало того, что портится внешний вид, высолы влекут за собой ряд других проблем – ускоренное разрушение, дефекты в виде отколов, отстрелов, снижение морозостойкости и марки кирпича по прочности.

Всевозможные соли присутствуют во всех строительных материалах, особенно много в цементных растворах, где они результат химических реакций. Причина же их выхода на поверхность фасада всегда одна – это движение воды под действием капиллярных сил. При испарении капиллярной влаги, которая может находиться как в самом изделии, так и в растворе для кладки, появляется солевой налет на лицевой поверхности кирпича (рисунок 1).

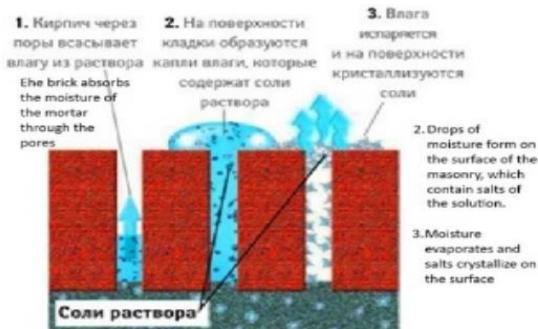


Рисунок 1. Движение воды в кирпичной кладке под действием капиллярных сил

Figure 1. Water movement in masonry under the action of capillary forces

Пористость стенового материала – это необходимое условие теплоизоляции и нормального парообмена здания. Двигаясь в толще материала, вода транспортирует растворенные в ней соли, а, дойдя до поверхности, испаряется, а соли – остаются. Взаимодействуя с атмосферой, они переходят в нерастворимую или плохо растворимую кристаллическую форму и образуют пятна и разводы на стенах. Высолообразование усиливается под действием внутренних и внешних

факторов. Внешние возникают при нарушении технологии кладки, использовании некачественных растворов, воды из скважин, проведение строительства в зимнее время [2-3]. Внутренние пути возникновения высолов – это некачественное сырье и нарушение технологии на производстве. По цвету высолов можно сделать вывод о преобладании соли. Если налет белый, это свидетельствует о преобладании солей бария, если зеленый – солей ванадия.

Для устранения как внешних, так и внутренних факторов высолообразования на лицевом керамическом кирпиче были разработаны различные способы, состоящие во введении добавок для связывания солей в процессе формования [3, 4] или в процессе обжига [5]. Эти способы являются дорогостоящими, поскольку требуют ультратонкий помол добавок и усложнение технологии для гомогенизации массы.

Достаточно эффективным способом по устранению высолов является нанесение защитных покрытий на свежесформованные изделия [6], например, раствора борной кислоты и кальцинированной соды [7], или раствора ортофосфорной кислоты с добавлением водорастворимых эфиров целлюлозы и глицерина [8]. Нанесение гидрофобизаторов на керамическое изделие после обжига несет в себе не только предотвращение высолов и разрушения, а также обеспечивает эффект несмачивания водой. Изделие сохраняет паропроницаемость; увеличивается морозостойкость; снижается поражение изделия в кладке от грибка; не изменяется газонепроницаемость материала.

Цель работы – подбор гидрофобизатора, препятствующего высолообразованию, нанесение его на лицевой кирпич после обжига, физико-механические испытания.

Материалы и методы

Предлагается в качестве защитного покрытия использовать 40–45% водный раствор метилсиликоната калия – жидкость кремнийорганическую гидрофобизирующую (таблица 1).

Особенности данного гидрофобизатора: не изменяет внешний вид материала, придает материалу повышенную морозостойкость, препятствует загрязнению поверхности.

Рассматриваемый раствор наносили на готовую продукцию – керамический кирпич марок F75 и F100 методом напыления при помощи форсунок после обжига в туннельной печи перед упаковкой. Маркировка кирпича указывает на морозостойкость – количество циклов замораживания-размораживания без разрушения кирпича.

Физико-химические характеристики водного раствора метилсиликоната калия представлены в таблице 1.

Физико-механические испытания проводились согласно рекомендациям ГОСТ 530–2012 [9], ГОСТ 7025 [10], ГОСТ 8462–85 [11]. Обработанные кирпичи испытывали на водопоглощение, морозостойкость, прочность при изгибе и сжатии.

Для определения соотношения воды и раствора гидрофобизатора и оценки его влияние на внешний вид керамического изделия, его физико-механические характеристики готовили растворы с тремя различными соотношениями: 1 л анализируемого раствора на 1000 л воды (1:1000), 2 л на 1000 л (2:1000), 3 л на 1000 л (3:1000).

Таблица 1.

Физико-химические характеристики водного раствора метилсиликоната калия

Table 1.

Physicochemical characteristics of an aqueous solution of potassium methylsiliconate

Показатель Indicator	Норма
Внешний вид Appearance	Жидкость от бесцветного до светло-желтого цвета, допускается опалесценция Colorless to light yellow liquid, opalescence allowed
Плотность при температуре 20 °С, г/см³ Density at temperature of 20 °C, g/cm³	1,200–1,225
Щелочность в расчете на КОН, % Alkalinity based on KOH, %	13–16
Массовая доля нелетучих веществ, % Mass fraction of non-volatile substances, %	28,5–32,5
Гидрофобизирующая способность Water repelling ability	Выдерживает испытание Withstands the test

Каждым из растворов обрабатывали поверхность 264 изделий (поддон кирпича). После чего анализировали внешний вид лицевых поверхностей на 1-й, 3-й и 7-й день после обработки. Поддоны обработанных и необработанных изделий поместили в условия дождливой, ветреной погоды.

Результаты и обсуждения

Результаты физико-механических испытаний приведены в таблице 2.

Кирпич, обработанный раствором с соотношением 1:1000, подвержен высолообразованию. Для кирпичных изделий, обработанных растворами, содержащими 2 л и 3 л раствора гидрофобизатора на 1000 л воды, высолообразование не выявлено. С экономической точки зрения целесообразно выбрать соотношение 2 л водного раствора метилсиликоната калия на 1000 л воды. Установлено, что обработанное керамическое изделие после полного высыхания не изменяет внешнего вида и средней массы.

Таблица 2.

Анализ внешнего вида лицевых поверхностей после обработки анализируемыми растворами

Table 2.

Analysis of the appearance of the front surfaces after treatment with the analyzed solutions

Соотношение раствора к воде Solution ratio to water	День анализа Analysis day		
	1	3	7
Необработанный Untreated	Нет поражений No losses	28% изделий на гранях и ребрах имеют зеленоватые высолообразования 28% of products on edges and edges have greenish efflorescence	87% изделий на гранях и ребрах имеют зеленоватые высолообразования 87% of products on edges and edges have greenish efflorescence
1:1000		16% изделий на гранях и ребрах имеют зеленоватые высолообразования 16% of products on edges and edges have greenish efflorescence	48% изделий на гранях и ребрах имеют зеленоватые высолообразования 48% of products on edges and edges have greenish efflorescence
2:1000		Нет поражений No losses	
3:1000			

Водопоглощение определяли при атмосферном давлении в воде с температурой (20 ± 5 °C). Определяли влияние обработки лицевого кирпича

водным раствором метилсиликоната калия на водопоглощение изделий, которое должно быть не ниже 6% и, как правило, не выше 14% [8,18].

Испытания проводили на 5-ти образцах без обработки и 5-ти с обработкой. Результаты представлены на рисунке 2.

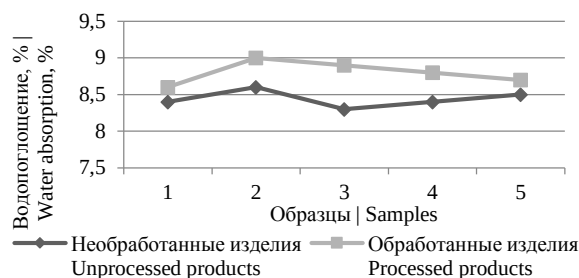


Рисунок 2. Водопоглощение необработанных изделий и обработанных гидрофобизирующим раствором

Figure 2. Water absorption of untreated products and those treated with a hydrophobic solution

Обработка изделий водным раствором метилсиликоната калия приводит к незначительному повышению водопоглощения, что в свою очередь, как отмечено авторами [12,17], сохраняет качество и прочность кирпича в местностях с нестабильными климатическими условиями.

Испытание на морозостойкость проходили 5 образцов без обработки и 5 после обработки (высушенные до постоянной массы). Контроль морозостойкости проводили при объемном замораживании. Именно этим параметром определяется долговечность кирпичного сооружения. Как правило, морозостойкость кирпича – 25–50 циклов, реже – 75. [13-14]

Изделия без обработки прошли полные 75 циклов замораживания и оттаивания, и только 2 образца из пяти выдержали 100 циклов. Исследуемые изделия, обработанные раствором метилсиликоната калия, показали хороший результат, и все 5 образцов прошли полные 100 циклов замораживания и оттаивания с незначительными дефектами на ребрах лицевых поверхностей.

В лаборатории предприятия ООО «Тербунский гончар» провели испытания образцов на определение предела прочности при изгибе и сжатии. Предел прочности при изгибе определяли по наибольшей нагрузке P , установленной при испытании, с учетом геометрических характеристик сечения изделия. Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляли путем

деления максимальной нагрузки, отмеченной при испытании, на площадь поперечного сечения образца, которая вычисляется как среднее арифметическое двух измерений площадей верхней и нижней граней с погрешностью 0,1 МПа [15-17].

В результате образцы, обработанные метилсиликонатом, показали высокие результаты как по прочности при сжатии, так и при изгибе (таблица 3). После испытаний в соответствии с техническими требованиями устанавливают марку кирпича по прочности от М 300 до М 100. Испытуемые образцы соответствуют необходимым характеристикам, в результате чего им присвоена марка М 250. Для этой марки предел прочности при сжатии должен находиться в интервале 20–25 МПа, а предел прочности при изгибе 2–3,9 МПа [19-20].

Таблица 3.

Результаты испытаний на пределы прочности при изгибе и сжатии образцов после обработки гидрофобизатором

Table 3.

The results of tests on the strength limits during bending and compression of samples after treatment with a hydrophobizer

Образец Sample	Предел прочности, МПа Strength limit, MPa	
	При изгибе Bending strength	При сжатии In compression
1	3,6	24,8
2	4,0	26,3
3	2,8	24,0
4	3,2	27,6
5	3,4	25,0

Заключение

Проблему высолообразования на лицевых керамических изделиях предлагается решить обработкой защитным покрытием 40–45-ным% водным раствором метилсиликоната калия после обжига кирпичей в туннельной печи.

Оптимальное соотношение водного раствора метилсиликоната калия к воде составило 2:1000.

Установлено, что водный раствор метилсиликоната калия (гидрофобизатор) не только предотвращает высолообразование, а также положительно влияет на прочность, водопоглощение и морозостойкость кирпича.

Литература

- 1 Нифталиев С.И., Горбунова Е.М., Перегудов Ю.С., Кузнецова И.В. Исследование физико-химических свойств глин для создания алюмосиликатных катализаторов. // Химическая промышленность сегодня. 2020. № 1. С. 48–53.
- 2 Chang J. N., Wang, W.C., Wang, H.Y., Hu C.Y. A study of the mechanical properties and appearance of efflorescence in paving bricks under different curing environments //Construction and Building Materials. 2020. V. 265. P. 120148.
- 3 Bilgin N., Yeprem H.A., Arslan S., Bilgin A. et al. Use of waste marble powder in brick industry //Construction and Building Materials.2012. V. 29. P. 449–457. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.011

- 4 Бессонов И.В., Баранов В.С., Баранов В.В., Князева В.П. и др. Причины появления и способы устранения высолов на кирпичных стенах зданий // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 39–43.
- 5 Nhabih H.T., Arat K. K., Haidi A.S. Methods of Processing Efflorescence of Clay Brick // International Journal of Scientific Engineering and Science. 2020. V. 3. № 12. P. 48–56.
- 6 Анощенко Н. П., Анощенко Е. А., Шарина С. В. Причины возникновения высолов на стенах и методы их устранения // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. 2021. С. 485-490.
- 7 Гладышев С. А., Каравдина Я. А. Предотвращение образования высолов и устранение их на каменных конструкциях зданий // Наука в исследованиях молодежи. 2021. С. 208-211.
- 8 Наумов А.А. Устранение высолов на керамическом кирпиче // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 37–39. doi: 10.31659/0585-430X-2016-737-5-37-39
- 9 ГОСТ 530–2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2013. 28 с.
- 10 ГОСТ 7025–91 Кирпич и камень керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. – М.: Стандартиформ, 2003. 12 с.
- 11 ГОСТ 8462–85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. – М.: Стандартиформ, 2001. 7 с.
- 12 Al-Khafaji B.T., Study of the properties of clay brick made with the addition of certain additives // Journal of Babylon University. 2017. V. 25. №.5. P.1539–1551.
- 13 Kizinievič O., Voišnienė, V., Kizinievič, V., Pundienė I. Impact of municipal solid waste incineration bottom ash on the properties and frost resistance of clay bricks // Journal of Material Cycles and Waste Management. 2022. V. 24 P. 237-249. doi: 10.1007/s10163-021-01314-4
- 14 Naumov A., Maltseva I., Kurilova S. Increase in frost resistance of a ceramic brick from clay raw materials of the Atyukhtinsky field // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018. V. 365. №. 3. P. 032003.
- 15 Singh S. B., Munjal P. Bond strength and compressive stress-strain characteristics of brick masonry // Journal of Building Engineering. 2017. V. 9. P. 10-16.
- 16 Nowak R. Kania, T.; Derkach, V.; Orłowicz, R. et al. Strength parameters of clay brick walls with various directions of force // Materials. 2021. V. 14. №. 21. P. 6461.
- 17 Murthi P., Bhavani M., Musthaq S., Jauhar M. et al. Development of relationship between compressive strength of brick masonry and brick strength // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 39. P. 258-262.
- 18 Li T., Fan Yo., Wang K., Song S. et al. Methyl-modified silica hybrid fluorinated Paraloid B-72 as hydrophobic coatings for the conservation of ancient bricks // Construction and Building Materials. 2021. V. 299. P. 123906.
- 19 Мучкинова Л. И., Савич В. Л., Отев К. С. Оценка погрешности измерений при определении механического сопротивления образцов кирпича методом одноосного испытания на прочность при сжатии // Components of Scientific and Technological Progress. 2024. №4(94). С. 73-80.
- 20 Ищук М. К. Исследование прочности на сжатие кирпича и камня при различных способах подготовки поверхности опытных образцов // Эффективные строительные конструкции: теория и практика. 2021. С. 49-54.

References

- 1 Niftaliev S.I., Gorbunova E.M., Peregudov YU., Kuznetsova I.V. et al. Study of physical and chemical properties of clays for creation of aluminosilicate sorbents // Chemical industry developments. 2020. no. 1. pp. 48–53. (in Russian).
- 2 Chang J. N. Wang, W.C., Wang, H.Y., Hu C.Y. A study of the mechanical properties and appearance of efflorescence in paving bricks under different curing environments // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 265. pp. 120148.
- 3 Bilgin N., Yeprem H.A., Arslan S., Bilgin A. et al. Use of waste marble powder in brick industry // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 29. pp. 449–457. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.011
- 4 Bessonov I.V., Baranov V.S., Baranov V.V., Knyazeva V.P. et al. The causes of the appearance and methods of eliminating efflorescences on brick walls of buildings // Housing construction. 2014. no. 7. pp. 39–43. (in Russian).
- 5 Nhabih H.T., Arat K. K., Haidi A.S. Methods of Processing Efflorescence of Clay Brick // International Journal of Scientific Engineering and Science. 2020. Vol. 3. no. 12. pp. 48–56.
- 6 Anoshchenko N. P., Anishchenko E. A., Shadrina S. V. Causes of efflorescence on walls and methods of their elimination // Achievements and prospects of scientific and innovative development of the agro-industrial complex. 2021. pp. 485-490. (in Russian).
- 7 Gladyshev S. A., Karavdina Ya. A. Prevention of efflorescence formation and their elimination on stone structures of buildings // Science in youth studies. 2021. pp. 208-211. (in Russian).
- 8 Naumov A.A. Elimination of efflorescence on ceramic bricks // Building materials. 2016. no. 5. pp. 37–39. doi: 10.31659/0585-430X-2016-737-5-37-39 (in Russian).
- 9 State standard 530-2012. Ceramic brick and stone. General technical conditions. – М.: Standardform, 2013. 28 p. (in Russian).
- 10 State standard 7025-91. Ceramic and silicate bricks and stones. Methods for determining water absorption, density and frost resistance control – М.: Standardform, 2003. 12 p. (in Russian).
- 11 State standard 8462-85. Wall materials. Methods for determining compressive and bending strength limits. – М.: Standardform, 2001. 7 p. (in Russian).
- 12 Al-Khafaji B.T., Study of the properties of clay brick made with the addition of certain additives // Journal of Babylon University. 2017. V.25. no.5. P.1539–1551
- 13 Kizinievič O., Voišnienė, V., Kizinievič, V., Pundienė I. Impact of municipal solid waste incineration bottom ash on the properties and frost resistance of clay bricks // Journal of Material Cycles and Waste Management. 2022. pp. 1-13.
- 14 Naumov A., Mal'Tseva I., Kurilova S. Increase in frost resistance of a ceramic brick from clay raw materials of the Atyukhtinsky field // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing. 2018. Vol. 365. no. 3. pp. 032003. (in Russian).

15 Singh S. B., Munjal P. Bond strength and compressive stress-strain characteristics of brick masonry // *Journal of Building Engineering*. 2017. Vol. 9. pp. 10-16.

16 Nowak R., Kania T., Derkach V., Orłowicz R. et al. Strength parameters of clay brick walls with various directions of force // *Materials*. 2021. Vol. 14. no. 21. pp. 6461.

17 Murthi P. Bhavani M., Musthaq S., Jauhar M. et al. Development of relationship between compressive strength of brick masonry and brick strength // *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 39. pp. 258-262

18 Li T., Fan Yo., Wang K., Song S. et al. Methyl-modified silica hybrid fluorinated Paraloid B-72 as hydrophobic coatings for the conservation of ancient bricks // *Construction and Building Materials*. 2021. Vol. 299. pp. 123906.

19 Muchkinova L. I., Savich V. L., Otv K. S. Estimation of measurement error in determining the mechanical resistance of brick samples by uniaxial compression strength testing // *Components of Scientific and Technological Progress*. 2024. no. 4(94). pp. 73-80. (in Russian).

20 Ishchuk M. K. Investigation of the compressive strength of brick and stone in various methods of surface preparation of prototypes // *Effective building structures: theory and practice*. 2021. pp. 49-54. (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина В. Кузнецова к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6666-6292>

Анастасия В. Дошина технолог, заводская лаборатория, ООО Тербунский гончар, 399540, Липецкая область, с. Тербуны, ул. Дорожная 5в, nasyadoshina@ya.ru

Светлана Е. Плотникова к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, burkovasweta@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6331-554x>

Елена М. Горбунова к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lobanova8686@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-3550-0115>

Сабухи И. Нифталиев д.х.н., профессор, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, niftaliev@mail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Владимир С. Сертаков студент, факультет экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vova.petrudin2017@ya.ru
 <https://orcid.org/0009-0000-9359-9339>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina V. Kuznetsova Cand. Sci. (Chem), assistant professor, Department of inorganic chemistry and chemical technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6666-6292>

Anastasiya V. Doshina Technologist, Laboratory, Terbunski gonchar, v. Terbuny, 5b Dorozhnaya, 399540, Russia, nasyadoshina@ya.ru

Svetlana E. Plotnikova Cand. Sci. (Chem), assistant professor, Department of inorganic chemistry and chemical technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, burkovasweta@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6331-554x>

Elena M. Gorbunova Cand. Sci. (Chem), assistant professor, Department of inorganic chemistry and chemical technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lobanova8686@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-3550-0115>

Sabukhi I. Niftaliev Dr. Sci. (Chem.), professor, Department of inorganic chemistry and chemical technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, niftaliev@mail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Vladimir S. Sertakov student, Faculty of Ecology and Chemical Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vova.petrudin2017@ya.ru
 <https://orcid.org/0009-0000-9359-9339>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/10/2024	После редакции 13/11/2024	Принята в печать 29/11/2024
Received 21/10/2024	Accepted in revised 13/11/2024	Accepted 29/11/2024