

И.В. БЕССОНОВ<sup>1</sup>, Б.И. БУЛГАКОВ<sup>2</sup>, А.В. ЛАНКИН<sup>3</sup>, И.С. ГОВРЯКОВ<sup>1,2</sup>,  
Э.А. ГОРБУНОВА<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия

<sup>2</sup>«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Бутовский комбинат строительных материалов, г. Москва, Россия

## ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ЛИЦЕВОГО КИРПИЧА

**Аннотация.** Рассмотрены основные причины разрушения лицевого кирпича. Указано, что свойства керамических изделий при их эксплуатации в стеновой кладке во многом зависят от качества подготовок глиняной массы. Сезонное промораживание глины позволяет улучшить её формовочные и сушильные свойства. Расчетами подтверждено, что высота конуса при сезонном хранении глины для климатических условий Московского региона должна быть не более 6 метров. Представлен критический анализ теории химической деструкции керамического кирпича при взаимодействии щелочей с оксидами кремния и алюминия аморфной фазы. Ионы кальция и магния в гораздо меньшей степени влияют на коррозионные процессы кирпича в результате образования легкорасторвимых силикатов и алюминатов по сравнению с ионами натрия и калия. Предложена дифференциация требований по морозостойкости лицевого кирпича в зависимости от климатических условий региона строительства.

**Ключевые слова:** лицевой кирпич, глина, расслоение, химическая коррозия, морозостойкость, гидросиликаты кальция, гидроалюминаты кальция.

I.V. BESSONOV<sup>1</sup>, B.I. BULGAKOV<sup>2</sup>, A.V. LANKIN<sup>3</sup>, I.S. GOVRYAKOV<sup>1,2</sup>,  
E.A. GORBUNOVA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN),  
Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia

<sup>3</sup>Butovo plant of building materials, Moscow, Russia

## THE REASONS FOR THE DESTRUCTION OF THE FACE BRICK

**Abstract.** The main causes of the destruction of the front brick are considered. It is indicated that the properties of ceramic products during their operation in masonry largely depend on the quality of the preparation of the clay mass. Seasonal freezing of clay improves its molding and drying properties. The height of the cone during seasonal storage of clay for the climatic conditions of the Moscow region should be no more than 6 meters. It is confirmed by calculation. A critical analysis of the theory of chemical destruction of ceramic bricks during the interaction of alkalis with oxides of silicon and aluminum of the amorphous phase is presented. Calcium and magnesium ions have a much lesser effect on the corrosion processes of bricks because of the formation of easily soluble silicates and aluminates compared to sodium and potassium ions. It is proposed to separate the requirements for frost resistance of facing bricks is proposed depending on the climatic conditions of the construction.

**Keywords:** front brick, clay, delamination, chemical corrosion, frost resistance, calcium hydrosilicates, calcium hydroaluminates.

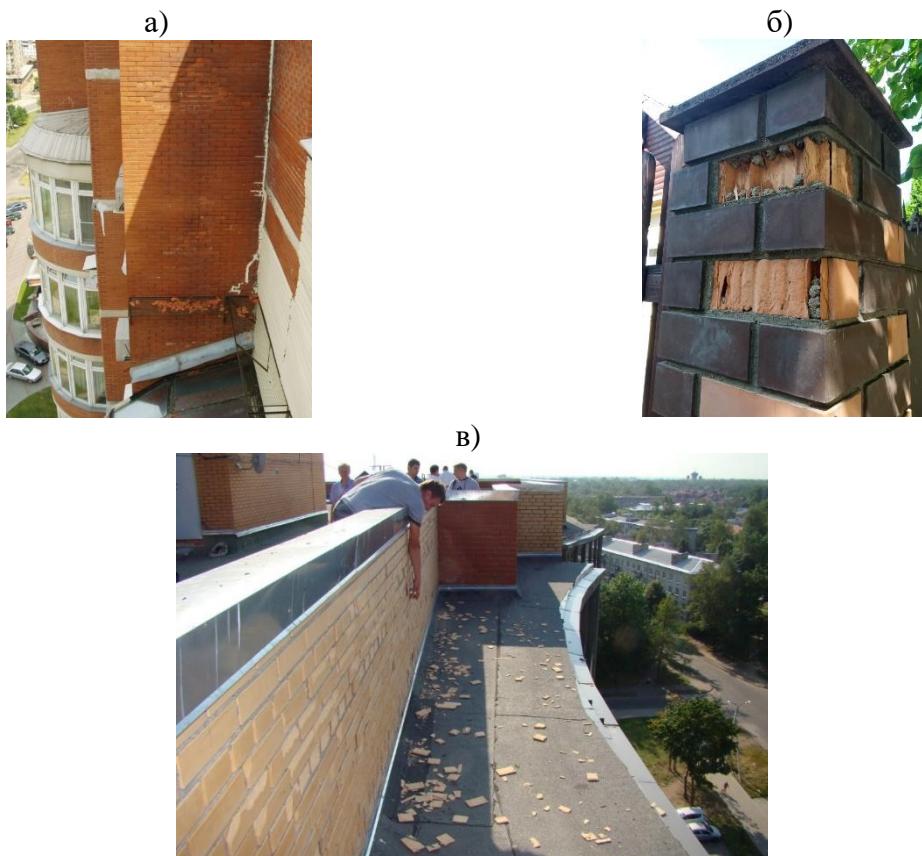
### Введение

Здания и сооружения, облицованные кирпичом, обладают привлекательным внешним видом и основательностью. Однако, часто можно увидеть признаки разрушения лицевого кирпича, даже после первого года эксплуатации, причем без воздействия внешних

© Бессонов И.В., Булгаков Б.И., Ланкин А.В., Говряков И.С., Горбунова Э.А., 2023

агрессивных сред или механических нагрузок, лишь в результате атмосферных воздействий [1]. Причин, приводящих к подобным дефектам кирпичной кладки обычно несколько. Деструкция кирпича, находящегося в кладке, возможна в результате нарушений, возникших на каждом этапе при его изготовлении, и может быть увеличена последующей неправильной эксплуатацией здания или сооружения [2-5].

Объектом исследования является лицевой кирпич керамический. Сохранность эксплуатационных качеств лицевого керамического кирпича при атмосферных воздействиях является актуальной задачей.



*Рисунок 1 - Разрушение лицевого кирпича без воздействия внешних агрессивных химических сред или механических нагрузок: а) на фасаде, б) на столбе забора, в) на парапете*

Вопросами долговечности наружных стен из керамического кирпича занимались многие исследователи, с том числе, Александровский С.В., Ананьев А.И., Ананьев А.А., Желдаков Д.Ю., Ищук М.К., Шаманов В.А. и другие [1-4, 8-12, 14-19, 21, 22]. Проведены исследования влияния нагружающих элементов и расположения деформационных швов на возможность образования трещин в лицевом кирпиче при сезонных и суточных перепадах температур. Установлено влияние расположения пустот кирпича на долговечность лицевого слоя кладки. Показано, что снижение долговечности лицевого кирпича в условиях знакопеременных температур связано с недостаточной температурой обжига для образования минералов силлиманит и муллит. Разработана модель разрушения керамического материала, основанная на кинетических исследованиях химических процессов. Предполагается, что основной причиной разрушения являются процессы химической коррозии, которые происходят внутри материала без воздействия внешних химических или механических нагрузок.

Таким образом, в литературных источниках не отражено влияние подготовки глиняной массы на эксплуатационную стойкость изделий в кладке. Кроме того, влияние химической коррозии не вскрывает причин расслаивания наружной поверхности лицевого кирпича в первые годы эксплуатации.

В настоящей статье авторы ставят целью показать связь качества подготовки глиняного сырья и стойкости к атмосферным воздействиям лицевого кирпича, применяемого в конструкциях не подверженных механическим нагрузкам и процессам теплопереноса. Представлен критический анализ современной теории химической коррозии керамического кирпича, представляющей несомненный вклад в общее представление об оценке долговечности, при этом, указана необходимость учета всех факторов, влияющих на сохранность изделий в процессе эксплуатации. Предложен вариант дифференцированного назначения требований к морозостойкости лицевого кирпича в зависимости от климатических условий строительства на территории России.

### Модели и методы

Важным этапом является подготовка и переработка сырья в технологии производства. Для современного ленточного пресса требуется повышенный контроль износа шнеков, шnekовой рубашки, свилерезов, сердечников-пустотообразователей, вакуумирующего оборудования. Кроме того, использование запесоченной, замусоренной, неусреднённой, невыдержанной глины, при любом способе формования не даст при последующей идеальной сушке и обжиге полноценного качественного черепка. Такие нарушения могут привести к последующему выветриванию и вымыванию тела кирпича, даже идеально высушенного и качественно обожженного.

При использовании невыдержанной, невымороженной глины могут возникать подобные дефекты расслоения (рисунок 1). Глина залегает слоями, причем сформирована преимущественно чешуйчатыми глинистыми минералами размером от 0,005 мм до 0,02 мм [6-9]. Между чешуйками и в мелких капиллярах содержатся слои воды в виде тончайших плёнок вплоть до мономолекулярных слоёв  $H_2O$ . Далеко не всегда механическая обработка путём многократного перемешивания приводит к разрушению слоистой структуры глины. При пластическом формировании лицевого кирпича, при прохождении массы через экструдер, частички глины приобретают ориентацию перпендикулярно постели, вдоль ложковой и тычковой поверхности изделия. В кладке такие кирпичи крайне нестойки к атмосферным воздействиям и в особенности к попеременному увлажнению и замораживанию, что приводит к расслоению наружных граней (рисунок 2). Проведение периодических испытаний морозостойкости кирпичей с оценкой видимых внешних повреждений позволяет отбраковывать партии таких изделий [10-12].

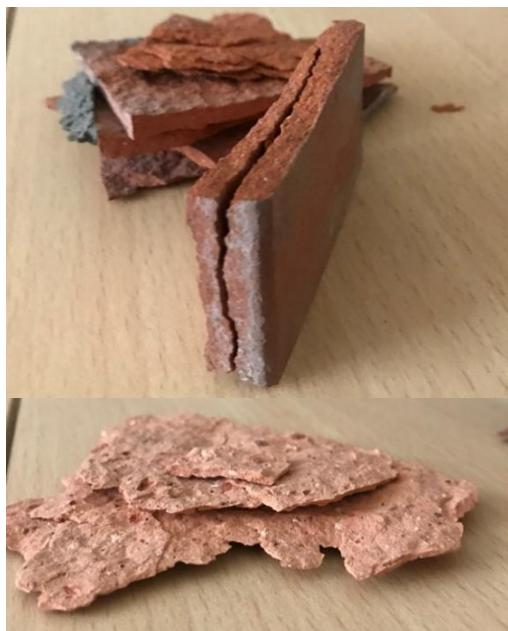
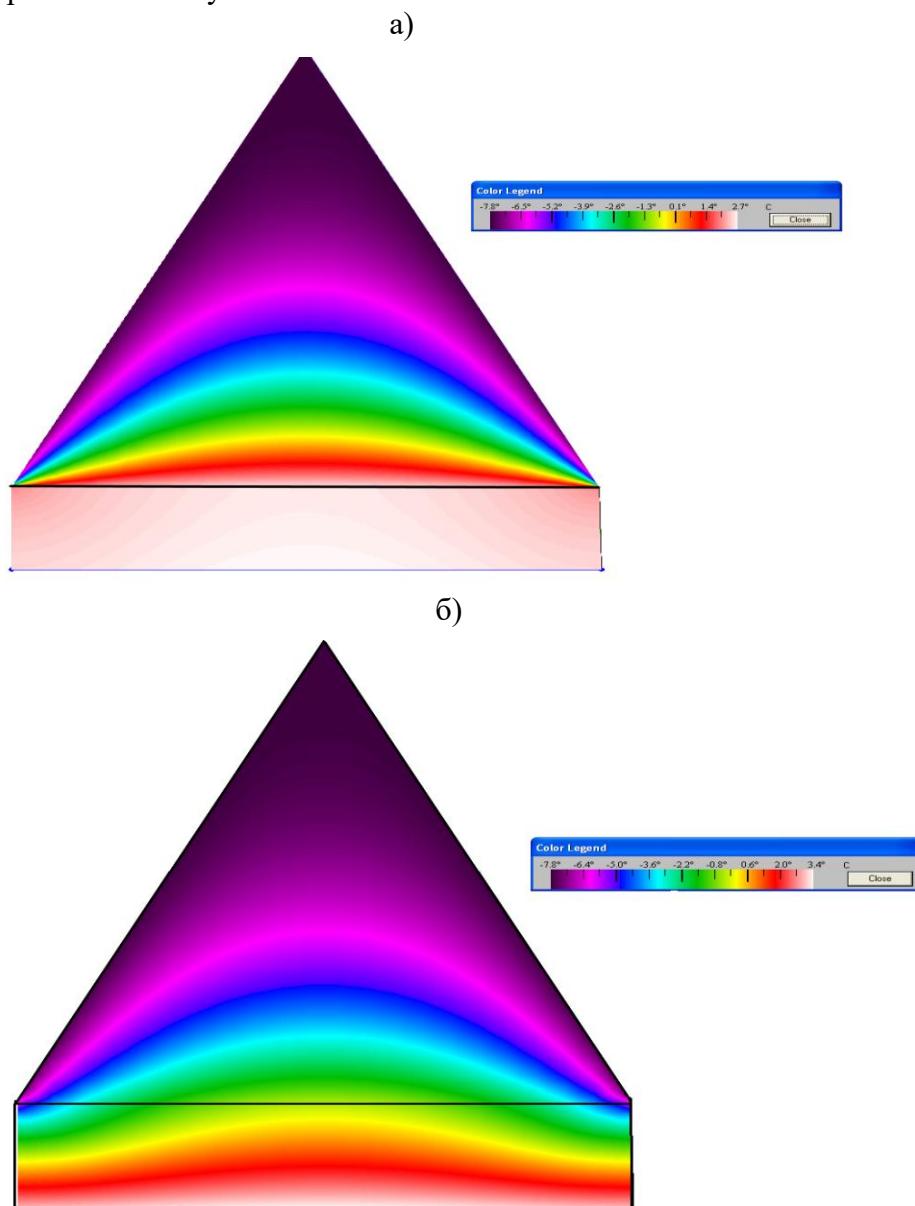


Рисунок 2 - Характер повреждений лицевого кирпича - расслоение

Для исключения таких повреждений глину подвергают вымораживанию. Добытую породу из карьеров привозят на открытые заводские площадки и укладывают в конусы высотой не более 6 метров. В конусах глину выдерживают не менее одного-двух зимних сезонов. Под влиянием циклов замораживания и оттаивания вода, замерзая в мелких капиллярах глиняных частиц и увеличиваясь в объеме в среднем на 9%, разрушает связи между ними, диспергируя частицы глины на элементарные зерна. При этом возрастает удельная поверхность глины, повышается пластичность и сцепление глиняного теста, улучшаются формовочные и сушильные свойства.



*Рисунок 3 - Распределение температурных полей внутри глиняных конусов при:  
 а) высоте конуса 8 м (наблюдается не полное промерзание глины);  
 б) высоте конуса 6 м (наблюдается полное промерзание глины по всей высоте конуса)*

Расчеты распределения температурных полей для климатических условий г. Москвы, выполненные в соответствии с требованиями СП131.13330.2020, подтверждают, что оптимальная высота глиняного конуса для вымораживания глины – 6 м (рисунок 3).



*Рисунок 4 - Разрушение стеновой кладки из кирпича ручной формовки*

На рисунке 4 показано разрушение стеновой кладки из кирпича ручной формовки. Видны следы неусреднённых, плохо перемешанных слоёв глины. Такое могло произойти по множеству причин: из-за халатности формовщика, из-за недостаточной подготовки сырья, его усреднения, недостаточной сезонной выдержки и перемешивания глины при укладке в форму, при чрезмерной обсыпке формы песком, при недостаточном уплотнении глины в форме и т.д. Видимо, в этом случае между пластами глины и по краям формы попадал избыточный песок, который при обжиге не даёт сплошного черепка, что снижает прочность и увеличивает водопоглощение глиняного кирпича. Кроме того, пластины неусреднённой глины, обладающие разной влажностью, будучи помещены в форму, впоследствии могут быть причиной появления неоднородностей в теле кирпича, снижать его прочность и ухудшать все эксплуатационные показатели. Возможно, что сама глина могла быть запесочена, а запесоченная глина даже при температуре обжига в  $1000^{\circ}\text{C}$  и ручном способе формования даст по прочности почти детский пирожок из песочницы. Досконально, обстоятельно и во всех деталях, о ручном способе производства кирпича в своё время писал выдающийся популяризатор кирпичного производства Белавенец М.И. [13].

### **Результаты исследования и их анализ**

Помимо указанных причин, также в ходе эксплуатации может происходить химическая деструкция керамического кирпича. Авторы метода [14-16], описывают химическую деструкцию кирпича как многостадийным процесс, при котором в материале кирпича происходит образование щелочей из оксидов щелочных и щёлочно-земельных металлов и далее - взаимодействие образовавшихся щелочей с оксидами кремния и алюминия аморфной фазы. При этом происходит полное разрушение материала кирпича до мельчайших частиц, так как его аморфная составляющая является связующей фазой материала. Авторы этой теории считают, что необходимо учитывать ряд химических превращений, происходящих в теле кирпича в процессе его эксплуатации в кладке. При разработки своей теории ими были учтены более двухсот возможных химических реакций. Предложен «коэффициент химической деструкции материала», который характеризует скорость протекания его коррозии на основании роста потерь массы во времени. Этот показатель имеет количественное измерение — чем его значение выше, тем с большей скоростью происходит коррозия. Однако, непонятно, до какой предельной величины этого коэффициента правомочно делать вывод о долговечности материала, т. е. о сохранении им требуемой работоспособности и пригоден ли он для такой оценки? Если нет, то это резко снижает его практическую значимость. Другой предлагаемый показатель оценки долговечности — максимальную химическую стойкость, было бы корректнее назвать остаточной химической стойкостью, т. к. этот показатель представляет собой максимальную потерю массы пробы образца материала в результате проведения испытаний. И опять же возникает вопрос о предельном значении этого показателя для оценки сохранения материалом своей работоспособности, которая с практической точки важнее, чем определение времени его полного разрушения [17-20].

Представляется, что некорректно включать концентрации ионов кальция и магния в водных вытяжках в сумму концентраций ионов щелочных и щёлочно-земельных металлов, вызывающих коррозию кирпича. Магний не является щёлочно-земельным металлом, поскольку его гидроксид растворим в воде значительно в меньшей степени, чем гидроксид кальция. Что касается последнего, то гидросиликаты и гидроалюминаты кальция, образующиеся в результате взаимодействия гидроксида кальция с аморфными оксидами кремния (кремнезёмом) и алюминия (глинозёмом), значительно менее растворимы по сравнению с силикатами и алюминатами натрия и калия. Более того, низкоосновные гидросиликаты кальция и в меньшей степени гидроалюминаты кальция, являются основными минералами, обеспечивающими прочность цементного камня бетона, обладают низкой растворимостью и, следовательно, достаточно высокой стойкостью к коррозии выщелачивания. Поэтому относить ионы кальция и магния, к ионам, вызывающим, наряду с ионами натрия и калия, коррозию кирпича в результате образования легкорастворимых силикатов и алюминатов, неправильно.

Учитывая, что на скорость деструкции влияет также влажность материала, считаем не корректно при расчёте его эксплуатационной влажности принимать коэффициент теплотехнического качества  $\eta$ , равным единице [15]. Коэффициент теплотехнического качества  $\eta$  – это отношение приращения теплопроводности на каждый процент влажности к теплопроводности материала в сухом состоянии. Эти значения для кирпича известны и коэффициент  $\eta$  следует принимать в пределах от 0,2 до 0,3.

Подход к оценке долговечности кирпича, базирующийся только на определении потерь массы в результате коррозии под действием щелочных жидких фаз, с учётом наших климатических условий, не может заменить собой действующую методику, основанную на определении морозостойкости кирпича, поскольку потери массы материала вызывают не только происходящие в нём деструктивные химические реакции, но и его попеременное замораживание-оттаивание. Предлагаемая методика оценки долговечности кирпича может быть полезна в качестве дополнения к существующей, учитывая, что по проведению эксперимента она близка к стандартной методике оценки кислотостойкости клинкерного кирпича.

Необходимо отметить, что действующий ГОСТ 7025 описывает метод оценки морозостойкости по потере прочности и по потере массы кирпича, однако в ГОСТ 530 отсутствуют требования по минимально допустимым значениям снижения прочности при сжатии и потере массы, имеется лишь критерий оценки по внешнему виду – отсутствие видимых повреждений. В п. 5.2.7 этого стандарта указано, что «марка по морозостойкости лицевого кирпича должна быть не ниже F50, но допускается по согласованию с потребителем поставлять лицевые изделия марки по морозостойкости F35». Считаем необходимым регламентировать требования, исходя из климатических условий региона строительства. Морозостойкость лицевых керамических изделий должна назначаться в зависимости от среднего за год числа дней с переходом температуры воздуха через 0°C по СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость требуемой марки по морозостойкости лицевого керамического кирпича от среднего за год числа дней с переходом температуры воздуха через 0°C

Среднее за год число дней с переходом температуры воздуха через 0оС по СП 131.13330.2020	Марка по морозостойкости лицевого кирпича
70-100	Мрз 50
50-70	Мрз 35
30-50	Мрз 25

### Выводы

Сохранность эксплуатационных качеств лицевого кирпича в кладке в первую очередь зависит от грамотной подготовки сырья и соблюдения технологического режима его изготовления на всех технологических переделах.

Методика оценки долговечности кирпича в плане сохранения им требуемой работоспособности должна иметь комплексный поход, включающий определение его стойкости к циклическим температурно-влажностным воздействиям и возможной химической деструкции. Оценка физической долговечности изделий должна заключаться в прогнозировании срока их службы, приводящему к снижению эксплуатационных показателей до минимальных допустимых значений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. – М.: РИФ Стройматериалы», 2009. 360 с.
2. Рахимов Р.З. Керамический и силикатный кирпич в строительстве // Строительные материалы. 2009. №6. С. 24-27.
3. Бабаев З.К., Матчам Ш.К., Эрметов А.И. Керамический кирпич на основе низкосортных глин модифицированный стеклом // Научные горизонты. 2018. №1(5). С. 203-208.
4. Francisco M. Fernandes 1-Clay bricks In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Long-term Performance and Durability of Masonry Structures, Woodhead Publishing, 2019. Pp. 3-19.
5. Dehghan S.M., Najafgholipour M.A., Baneshi V., Rowshanzamir M. Mechanical and bond properties of solid clay brick masonry with different sand grading. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 174. Pp. 1-10.
6. Stryszewska T., Kańska S. Characterization of factors determining the durability of brick masonry. *Brick and block masonry – from historical to sustainable masonry*. 2020. No 1. 6 p.
7. Шигвалеева Е.А. Кирпич как строительный материал, виды и особенности // Новая наука: опыт, традиции, инновации. 2017. №3. С. 113-116.
8. Шаманов В.А. Причины отслоения наружного слоя лицевого кирпича // ИВД. 2018. №1 (48).
9. Barnat-Huneka D., Smarzewski P., Suchorabc Z. Effect of hydrophobisation on durability related properties of ceramic brick. *Construction and Building Materials*. 2016. No 111. Pp. 275-285.
10. Stryszewska T. The change in selected properties of ceramic materials obtained from ceramic brick treated by the sulphate and chloride ions. *Construction and Building Materials*. 2014. No 66. Pp. 268-274.
11. Kropyvnytska T., Semeniv R., Kotiv R., Novytskyi Yu. Effects of Nano-liquids on the Durability of Brick Constructions for External Walls. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol. 100. Pp. 237-244.
12. Ahmed Abdulhadi, Mohamed Mussa, Yasir Kadhim The clay rocks properties for the production of the ceramic bricks. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. Vol. 111. №3.
13. Белавенец М.И. Глиноведение. Кирпичное производство. Петербургский способ формования сырца для строительного кирпича. 1905. 47 с.
14. Zheldakov D.Yu. The Brick Material Durability in Brickwork. Alfa Build, 2020. Vol. 15. Article No. 1504. ISSN 2658-5553.
15. Желдаков Д.Ю., Турсуков С.А. Особенности методики выполнения инженерных изысканий на объектах незавершенного строительства с прогнозом долговечности БСТ: Бюллетень строительной техники, 2022, № 6 (1054). С. 47–49.
16. Dmitry Zheldakov, Radik Mustafin, Vladimir Kozlov, Askar Gaysin, Dmitriy Sinitzin, Bulat Bulatov. Durability Control of Brickwork's Material Including Operation Parameters of the Building Enclosure Mathematical Modelling of Engineering Problems. Vol. 8. No. 6. December, 2021. Pp. 871-880. Journal homepage: <http://ieta.org/journals/mmer>
17. Ферронская А.В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона. М.: АСВ, 2006. 336 с.
18. Котляр В. Д., Небежко Н.И., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. К вопросу о химической коррозии и долговечности кирпичной кладки // Строительные материалы. 2019. №10. С. 78-84.
19. Желдаков Д.Ю. Химическая коррозия кирпичной кладки. Постановка задачи // Строительные материалы. 2018. №6. С. 29-32.
20. Кукарин Е.В. Клинкер-усовершенствованный кирпич // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 1-1 (69). С. 181-184.
21. Крыгина А.М., Мальцев П.В., Картамышев Н.В., Ильинов А.Г. О долговечности каменной кладки // Вестник МГСУ. 2011. №3. С. 185-188.
22. Ананьев А.А. Повышение долговечности лицевого керамического кирпича и камня в наружных стенах зданий. Автограферат на соискание уч. степ. к.т.н. Москва, 2007. ОАО ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова.

**REFERENCES**

1. Ishchuk M.K. Otechestvennyj opyt vozvedeniya zdanij s naruzhnymi stenami iz oblegchennoj kladki [Domestic experience in the construction of buildings with external walls made of lightweight masonry]. Moscow: RIF Building Materials, 2009. 360 p. (rus)
2. Rakhimov R.Z. Keramicheskii i silikatnyi kirpich v stroitel'stve [Ceramic and silicate bricks in construction] *Stroitel'nye materialy*. 2009. No.6. Pp. 24-27. (rus)
3. Babaev Z. K., Matcham SH.K., Ehrmetov A.I. Keramicheskii kirpich na osnove nizkosortnykh glin modifitsirovannyih steklom [Ceramic bricks based on low-grade clays modified with glass] *Nauchnye gorizonty*. 2018. No.1(5). Pp. 203-208. (rus)
4. Francisco M. Fernandes 1-Clay bricks In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Long-term Performance and Durability of Masonry Structures, Woodhead Publishing, 2019. Pp. 3-19.
5. Dehghan S.M., Najafgholipour M.A., Baneshi V., Rowshanzamir M. Mechanical and bond properties of solid clay brick masonry with different sand grading. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 174. Pp. 1-10.
6. Stryszewska T., Kańska S. Characterization of factors determining the durability of brick masonry. Brick and block masonry – from historical to sustainable masonry. 2020. No 1. 6 p.
7. Shigvaleeva E.A. Kirpich kak stroitel'nyi material, vidy i osobennosti [Brick as a building material, types and features] *Novaya nauka: opyt, traditsii, innovatsii*. 2017. No. 3. Pp. 113-116. (rus)
8. Shamanov V.A. Prichiny otsloeniya naruzhnogo sloya litsevogo kirpicha [Causes of peeling of the outer layer of the facing brick] IVD. 2018. №1. (rus)
9. Barnat-Huneka D., Smarzewski P., Suchorabc Z. Effect of hydrophobisation on durability related properties of ceramic brick. *Construction and Building Materials*. 2016. No. 111. Pp. 275-285.
10. Stryszewska T. The change in selected properties of ceramic materials obtained from ceramic brick treated by the sulphate and chloride ions. *Construction and Building Materials*. 2014. No. 66. Pp. 268-274.
11. Kropyvnytska T., Semeniv R., Kotiv R., Novytskyi Yu. Effects of Nano-liquids on the Durability of Brick Constructions for External Walls. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol. 100. Pp. 237-244.
12. Ahmed Abdulhadi, Mohamed Mussa, Yasir Kadhim The clay rocks properties for the production of the ceramic bricks. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. Vol. 111. No. 3.
13. Belavenec M.I. Glinovedenie. Kirpichnoe proizvodstvo. Peterburgskij sposob formovaniya syrca dlya stroitel'nogo kirpicha [Clay science. Brick production. Petersburg method of molding raw materials for building bricks]. Petersburg: Ed. book. skl. "Clay science", 1905. 47 p. (rus)
14. Zheldakov, D.Yu. The Brick Material Durability in Brickwork. Alfa Build, 2020. Vol. 15. Article No. 1504. ISSN 2658-5553.
15. Zheldakov D.Yu., Tursukov S.A. Osobennosti metodiki vypolneniya inzhenernyh izyskanij na ob"ektah nezavershennogo stroitel'stva s prognozom dolgovechnosti [Features of the methodology for performing engineering surveys at objects of construction in progress with a forecast of durability]. BMB: Building Machinery Bulletin. 2022. No. 6 (1054). Pp. 47-49. (rus)
16. Dmitry Zheldakov, Radik Mustafin, Vladimir Kozlov, Askar Gaysin, Dmitriy Sinitzin, Bulat Bulatov. Durability Control of Brickwork's Material Including Operation Parameters of the Building Enclosure Mathematical Modelling of Engineering Problems. 2021. Vol. 8. No. 6. Pp. 871-880.
17. Ferronskaya A.V. Dolgovechnost' konstrukcij iz betona i zhelezobetona [Durability of structures made of concrete and reinforced concrete]. Moscow.: ASV, 2006. 336 p. (rus)
18. Kotlyar V.D., Nebezhko N.I., Terekhina YU.V., Kotlyar A.V. K voprosu o khimicheskoi korroziей i dolgovechnosti kirpichnoi kladki [On the issue of chemical corrosion and durability of brickwork] *Stroitel'nye materialy*. 2019. No. 10. Pp. 78-84. (rus)
19. Zheldakov D.Yu. Khimicheskaya korroziya kirpichnoi kladki. Postanovka zadachi [Chemical corrosion of brickwork. Formulation of the problem] *Stroitel'nye materialy*. 2018. No. 6. Pp. 29-32. (rus)
20. Kukarina E.V. Klinker-usovershenstvovannyi kirpich [Clinker-improved brick] *Aktual'nye nauchnye issledova-niya v sovremenном mire*. 2021. No. 1-1 (69). Pp. 181-184. (rus)
21. Krygina A.M., Mal'tsev P.V., Kartamyshev N.V., Il'inov A.G. O dolgovechnosti kamennoi kladki [On the durability of masonry] *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3. Pp. 185-188. (rus)
22. Anan'ev A.A. Povyshenie dolgovechnosti licevogo keramicheskogo kirpicha i kamnya v naruzhnyx stenax zdanij [Increasing the durability of the front ceramic brick and stone in the exterior walls of buildings] *Candidate's thesis*. OAO VNIISTRON im. P.P. Budnikova. Moscow, 2007.

**Информация об авторах:**

**Бессонов Игорь Вячеславович**

«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия,  
главный научный сотрудник, кандидат технических наук.  
E-mail: [bessonoviv@mail.ru](mailto:bessonoviv@mail.ru)

**Булгаков Борис Игоревич**

«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Россия,  
доцент, кандидат технических наук.  
E-mail: [bulgakovbi@mgsu.ru](mailto:bulgakovbi@mgsu.ru)

**Ланкин Александр Викторович**

Бутовский комбинат строительных материалов, г. Москва, Россия,  
инженер-строитель-технолог.  
E-mail: [lankin4@yandex.ru](mailto:lankin4@yandex.ru)

**Говряков Илья Сергеевич**

«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, инженер.  
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Россия, магистрант.  
E-mail: [gopr190@mail.ru](mailto:gopr190@mail.ru)

**Горбунова Элина Александровна**

«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, инженер.  
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),  
г. Москва, Россия, магистрант.  
E-mail: [eg15082000@mail.ru](mailto:eg15082000@mail.ru)

**Information about authors:**

**Bessonov Igor V.**

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN),  
Moscow, Russia,  
chief scientific officer, candidate in technical sciences.  
E-mail: [bessonoviv@mail.ru](mailto:bessonoviv@mail.ru)

**Bulgakov Boris Ig**

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia,  
candidate in technical sciences, docent.  
E-mail: [bulgakovbi@mgsu.ru](mailto:bulgakovbi@mgsu.ru)

**Lankin AleksandrV.**

Butovo plant of building materials, Moscow, Russia,  
engineer-technologist.  
E-mail: [lankin4@yandex.ru](mailto:lankin4@yandex.ru)

**Govryakov Ilya S.**

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN),  
Moscow, Russia, engineer.  
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia,  
student.  
E-mail: [gopr190@mail.ru](mailto:gopr190@mail.ru)

**Gorbutunova Elina Al.**

Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN),  
Moscow, Russia, engineer.  
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia,  
student.  
E-mail: [eg15082000@mail.ru](mailto:eg15082000@mail.ru)