

О.И. ПОНОМАРЕВ, А.Ю. ДОЗОРОВА, М.А. МУХИН✉

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций
(ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»,
2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УВЛАЖНЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ КЛАДОЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация

Введение. В материале статьи рассматриваются прочностные характеристики керамических и бетонных кладочных изделий, эксплуатация которых осуществляется в сложных условиях. Проведенный в данной работе анализ отечественных и зарубежных публикаций и источников, в том числе результатов ранее выполненных экспериментов и натурных исследований, показал, что значения предела прочности бетонных и керамических кладочных изделий в значительной степени зависят от влагонасыщенности.

Цель. При анализе ранее выполненных работ установлено, что в значительной степени влагонасыщенность и условия эксплуатации влияют на прочностные свойства бетонных и керамических кладочных изделий в виде кирпича и мелких блоков. Отмечено, что в отдельных случаях наблюдался эффект деградации физико-механических свойств изделий. При выполнении обследований зданий и сооружений возникает необходимость определения несущей способности кладки фундаментов и стен подвалов, расположенных ниже отметки прилегающей поверхности грунта. Указанные конструкции находятся в среде избыточной влажности, следовательно сами кладочные изделия находятся в состоянии повышенной влагонасыщенности, например по причине отсутствия или повреждения гидроизоляции, нарушения тепло-влажностного режима микроклимата помещения.

Материалы и методы. При выполнении работ использовались кладочные керамические изделия в виде кирпича – новые, изготовленные по ГОСТ 530-2012; исторический кирпич, отобранный при обследовании зданий и сооружений исторической застройки, а также бетонные стеновые изделия, изготовленные по ГОСТ 6133-2019. Методика испытаний соответствует установленной стандартом ГОСТ Р 58527-2019.

Результаты. Проведение исследований и разработка методов оценки влияния увлажнения керамических и бетонных кладочных изделий на прочность кладки имеют важное значение для оценки надежности зданий и сооружений.

Выводы. Сложившаяся проблема требует проведения комплексных исследований прочностных характеристик керамических и бетонных кладочных стеновых изделий с учетом влияния влажности.

Ключевые слова: кладка, испытания, керамическое кладочное изделие, бетонные кладочные изделия, предел прочности при сжатии, прочность

Для цитирования: Пономарев О.И., Дозорова А.Ю., Мухин М.А. Оценка влияния увлажнения на прочность бетонных и керамических кладочных стеновых изделий // *Бетон и железобетон*. 2024. № 1 (620). С. 14–21. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-14-21](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-14-21)

Вклад авторов

Авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.02.2024

Поступила после рецензирования 01.03.2024

Принята к публикации 07.03.2024

O.I. PONOMAREV, A.Yu. DOZOROVA, M.A. MUKHIN✉

Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko,
JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428,
Russian Federation

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MOISTURE ON THE STRENGTH OF CONCRETE AND CERAMIC MASONRY WALL PRODUCTS

Abstract

Introduction. The material of the article considers the strength characteristics of ceramic and concrete masonry products, the operation of which is carried out in difficult conditions. The analysis of domestic and foreign publications and sources carried out in this work, including the results of previously performed experiments and field studies, showed that the values of the tensile strength of concrete and ceramic masonry products largely depend on moisture saturation.

Aim. When analyzing previously performed works, it was found that moisture saturation and operating conditions significantly affect the strength properties of concrete and ceramic masonry products in the form of bricks and small blocks. It is noted that in some cases, the effect of degradation of the physical and mechanical properties of the products was observed. When performing surveys of buildings and structures, it becomes necessary to determine the bearing capacity of the masonry of foundations and basement walls located below the mark of the adjacent ground surface. These structures are located in an environment of excessive humidity, therefore, the masonry products themselves are in a state of increased moisture saturation, for example, due to the absence or damage of waterproofing, violation of the heat and humidity regime of the indoor microclimate.

Materials and methods. During the work, masonry ceramic products in the form of bricks were used – new ones made according to State Standard 530-2012; historical bricks selected during the inspection of buildings and structures of historical buildings, as well as concrete wall products made according to State Standard 6133-2019. The test procedure complies with the established standard State Standard R 58527-2019.

Results. Conducting of the research and developing of methods to assess the effect of humidification of ceramic and concrete masonry products on the strength of masonry is important for assessing the reliability of build-ings and structures.

Conclusions. The current problem requires comprehensive studies of the strength characteristics of ceramic and concrete masonry wall products, taking into account the influence of humidity.

Keywords: masonry, testing, ceramic masonry, concrete masonry, compressive strength, strength

For citation: Ponomarev O.I., Dozorova A.Yu., Mukhin M.A. Assessment of the effect of moisture on the strength of concrete and ceramic masonry wall products. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 1 (620), pp. 14–21. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-14-21](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-14-21)

Author contribution statements

The authors have made an equal contribution to the preparation of the publication.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.02.2024

Revised 01.03.2024

Accepted 07.03.2024

Увлажнение кладочных стеновых изделий существенно ухудшает их физико-механические характеристики, в том числе прочность, долговечность и теплопроводность.

Под воздействием воды изменяется текстура материала, что может привести к ухудшению механических свойств, из-за присутствия воды происходит процесс химической коррозии, которая приводит к выцветанию, появлению налета на стенах за счет фильтрации растворов солей через капилляры и, следовательно, к ухудшению их эстетических качеств. Кроме того, воздействие влаги может создать условия для биологической коррозии [1].

Следует отметить, что разрушительное воздействие воды на кирпичную и каменную кладку может быть как прямым, так и косвенным.

Прямое воздействие заключается в изменении текстуры материала и его физико-механических свойств. Косвенное воздействие связано факторами, допускающими и инициирующими определенные разрушающие процессы, в том числе разрушение при отрицательных температурах, химическую и биологическую коррозию.

При проведении данных исследований основное внимание было уделено изучению непосредственно влияния увлажнения на физико-механические характеристики кладочных стеновых изделий из бетона и керамики. Влияние на физико-механические характеристики отрицательных температур и коррозионных процессов в данной работе не рассматривалось.

Источником влаги в реальных объектах являются в основном грунтовые воды, осадки в виде дождя и снега, а в прибрежной зоне на берегах рек, водохранилищ, морей и океанов таким источником может служить ветер.

Проведенные обследования сооружений и насыщенных влагой конструкций кирпичных и каменных зданий, особенно зданий исторической застройки, показывают, что из-за отсутствия горизонтальной и вертикальной гидроизоляции они часто насыщаются водой за многие годы эксплуатации. В ряде случаев достигается практически полное насыщение влагой. Проведенные исследования показали, что увлажнение несущих конструкций даже без воздействия отрицательных температур сопровождается снижением прочности и появлением сверхнормативных деформаций.

При выполнении настоящей научно-исследовательской работы был проведен комплексный обзор научных технических трудов, затрагивающих вопросы прочности и деформативности кладки из крупных кладочных изделий с различными видами заполнения горизонтального шва. Проанализированы механические показатели различных видов крупных кладочных изделий, применяемых в отечественном строительном комплексе, был изучен современный опыт определения прочности кладки из кладочных

стеновых изделий, применяемых при возведении кирпичных и каменных конструкций.

T. Stryzewska и S. Kanka [2] провели анализ разрушения керамического кирпича при замерзании воды в порах, а также разрушения кирпича в связи с солевой и биологической коррозией. Авторы отмечают, что к основным внешним факторам, приводящим к разрушению стен, относятся физические воздействия, возникающие в результате замерзания воды, химические воздействия, связанные с наличием солей, и биологические воздействия. Каждый из этих механизмов разрушения требует присутствия воды. Замерзание воды вызывает увеличение объема, что приводит к разрушению материала. Кроме того, вода повреждает внутреннюю текстуру керамических материалов, снижает их механические свойства. Химическая коррозия, связанная с кристаллизацией соли, также обусловлена присутствием воды. Мигрирующая вода с растворенными солями движется в материале и при благоприятных условиях испаряется. Этот процесс приводит к кристаллизации соли. Эти соли увеличивают свой объем, что вызывает разрушение материала. Наименее опасны биологические коррозионные процессы, в первую очередь вызывающие ухудшение эстетических показателей, реже – механических свойств.

Исследования P. Matysek, T. Stryzewska [3], проведенные в 2016 году, позволили уточнить причины снижения прочности керамического кирпича при интенсивном увлажнении. Исследование проводилось для двух видов кирпича с различными физико-механическими характеристиками. В частности, были исследованы полнотелые керамические кирпичи, выпускаемые на современных технологических линиях, а также кирпичи, отобранные при обследовании зданий исторической застройки XVII века. Испытываемые кирпичи выпускались по различным технологиям. Для их производства применялось разное сырье. Результаты исследований показали, что при сравнительно небольшой выдержке в воде (в течение одного месяца) было зафиксировано снижение прочности у обоих видов кирпича примерно на 10 %.

В статье P. Matysek, T. Stryzewska, S. Kanka, M. Witkowski [3] «Влияние водонасыщения на механические характеристики керамического кирпича 19 века и современного кирпича» представлены результаты испытаний полнотелого керамического кирпича, изготовленного в 1880-х годах. Кирпичи (historic brick – HB) были отобраны из зданий казарм владения эрцгерцога Рудольфа в Кракове. Для сравнения в статье приведены результаты испытаний полнотелого керамического кирпича, выпущенного на одном из современных заводов (modern brick – MB). Насыщение водой образцов до постоянной массы производилось двумя способами: с использованием замачивания и с капиллярным подсосом влаги.

Проведенные исследования показали, что методы водонасыщения кладочных изделий (замачивание) не повлияли на результаты испытаний. Следует отметить, что абсорбционная способность исторического кирпича (НВ) была значительно ниже, чем у кирпича, выпускаемого на современных технологических линиях (МВ).

При испытании на прочность было подготовлено по 12 образцов, сделанных из исторического и современного кирпича. Из каждого кирпича были вырезаны кубики со сторонами, равными высоте кирпича. Опорные поверхности выравнивались методом шлифования. Прочность каждого образца определялась после его насыщения в течение 1 месяца и 6 месяцев.

Проведенные испытания показали, что прочность на сжатие у водонасыщенных образцов значительно ниже – более чем на 20 % при увлажнении в течение 6 месяцев и более по сравнению с прочностью высушенных образцов. При насыщении образцов водой в течение месяца имело место незначительное снижение прочности – до 10 %. Такие результаты были зафиксированы при испытании образцов из современного кирпича.

Длительное насыщение водой образцов из исторического кирпича не привело к значительному снижению прочности (больше чем 10–12 %). Проведенный спектроскопический анализ показал, что при длительном увлажнении в современных керамических материалах происходят процессы выщелачивания глины и разрушения кремнево-кислородных мостиков. Оба этих процесса привели к снижению прочности керамических материалов.

Кроме того, очевидной причиной снижения прочности является уменьшение трения между структурными элементами материалов при водонасыщении, т. е. вода действует как смазка, снижающая трение.

Твердость двух испытанных типов керамического кирпича в сухом состоянии отличалась на 13 %. Причем материал исторического кирпича (НВ) показал большую твердость при меньшей прочности и меньшей пористости.

Было также отмечено, что при увеличении времени насыщения водой наблюдалось большое снижение твердости для материала современного кирпича – до 30 %.

В заключении авторы отмечают, что снижение прочности керамического кирпича при замачивании (от 10 до 21 %) необходимо учитывать при оценке прочности кладки и определении несущей способности конструкций обследуемых зданий.

Необходимо также учитывать факт незначительного снижения твердости исторического кирпича при увлажнении по сравнению с современными кирпичными материалами при оценке прочности кирпича неразрушающими методами.

В статье G. Castellazzi и др. [4] рассмотрено влияние капиллярного подсоса влаги на разрушение керамических кирпичей и природных камней.

В статье отмечается, что каменные конструкции исторической застройки часто подвергаются процессам деградации из-за увеличения влажности, переноса и кристаллизации соли. Поры строительных материалов, таких как натуральный камень или обожженный кирпич, заполнены газообразной и жидкой фазами. Жидкая фаза может состоять из воды и растворенных солей, которые затем вынуждены мигрировать внутри пор при изменении внешней температуры и относительной влажности. Эти изменения могут вызвать осаждение твердой фазы, так называемую кристаллизацию соли, на поверхности кладки (высолы) или внутри материала (субфлуоресценция). Первая является чисто эстетической проблемой, вторая может привести к структурному повреждению, называемому сколом – отслаиванию поверхностного материала. Авторы подчеркивают зависимость влияния свойств пористых материалов на интенсивность и характер разрушения кладки.

Кроме того, в материалах [5] статьи показано, что при оценке прочности кладочных изделий из разных материалов следует применять различные коэффициенты, так как реологические свойства материалов влияют на результаты проведенных испытаний.

Результаты современных экспериментальных работ показывают, что в настоящее время вопрос о влиянии влажности на предел прочности керамических и бетонных кладочных изделий в отечественной нормативной базе проработан в недостаточном объеме. Отсутствуют сформулированные требования к методике определения предела прочности для изделий, находящихся в условиях избыточной увлажненности [6].

В исследованиях влияния влаги в кирпичах, камнях и растворе на их механические свойства, представленные в первоисточниках, указывается на зависимость между степенью влажности кладочных материалов, их деформативностью и прочностью при сжатии.

В отечественной научно-технической литературе однозначного мнения по вопросу предельного значения влажности кирпича нет [7, 8]. В пособии по обследованию в качестве нормальной влажности керамического кирпича указано значение 1,5 %. В то же время в Постановлении «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» [9] в качестве нормальной для кирпичных стен указывается влажность до 4 %. Нормальной для керамического кирпича считается влажность до 0,5 %. До недавнего времени в основных стандартах четких указаний по этому поводу не было. Ситуация изменилась с введением с января 2013 г. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» [10], где в Приложении Ч указано предельное значение влажности кирпича – 2 %.

Влияние влажности на прочность кирпича недостаточно освещено в научно-технической литературе. Коэффициент размягчения, определяющий соотно-

шение прочностей материала в водонасыщенном и сухом состояниях, нормируется только для природных камней по ГОСТ 4001-84 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия» [11]. В нормативных документах на изготовление керамического кирпича и камней аналогичный коэффициент отсутствует. Для учета снижения несущей способности кладки при увлажнении в [8] приводится коэффициент $K_{тс} = 0,85$. Однако в действительности степень снижения зависит от разных факторов, среди которых фактическая влажность, вид камня и раствора, их изначальная прочность и другие.

Отдельные контрольные образцы показаны на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Стеновой бетонный камень 390 × 188 × 90 мм, контроль высоты образца

Fig. 1. Wall concrete stone 390 × 188 × 90 mm, height control of the sample



Рис. 2. Керамический кирпич 265 × 140 × 65 мм, отобранный из здания исторической застройки – стены (прясла)

Fig. 2. Ceramic brick 265 × 140 × 65 mm, selected from the building of the historical building – fortification wall

Исторический кирпич отбирался как с поврежденных участков кладки (вследствие длительного воздействия увлажненного состояния), так и с неповрежденных участков (отдельные локальные зоны стеновых конструкций, которые находились в благо-

приятных условиях). Методика отбора исторического кирпича включала осмотр внешнего вида и цвета изделия с целью исключения пережженного кирпича, контроль геометрии (допустимое отклонение не более ± 5 мм), отсутствие сколов величиной более 1/10 кирпича (20–30 мм), отсутствие трещин, пересекающих более половины изделия по одной из плоскостей (тычок, ложок, пастель).

Образцы отличаются параметрами влагонасыщенности: контрольными образцами для 1-й и 2-й серий испытаний являются целые кладочные стеновые бетонные и керамические изделия соответственно, высушенные до постоянной массы при $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ и охлажденные в условиях лабораторного помещения. Образцами 3-й и 4-й серий являются целые кладочные стеновые бетонные и керамические изделия, выдержанные в среде, имитирующей состояние избыточной влажности 3 и 6 месяцев, и испытанные после выдерживания в течение 60 минут в условиях лабораторного помещения.

Сроки выдержки образцов для серий 3 и 4 включают как керамические, так и бетонные кладочные изделия при сроке выдержки 3 и 6 месяцев соответственно. Выдержка образцов показана на рис. 3.



Рис. 3. Выдержка во влажной среде образцов кладочных изделий

Fig. 3. Exposure of masonry products samples in a humid environment

Результаты работы позволят уточнить нормируемые параметры кладочных стеновых изделий разных типоразмеров и требования к подготовке образцов для испытаний, оборудованию, методикам и средствам измерений деформаций, используемых при испытаниях и обработке результатов.

Сводные данные, полученные по результатам испытаний, представлены в виде графиков изменения прочности кладочных изделий в зависимости от выдержки в среде избыточной влажности на рис. 4.

Представленные исследования выполнены сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко для полу-

чения данных о влиянии увлажнения на прочность и деформативность керамических и бетонных кладочных изделий, разработаны предложения для корректировки нормативных документов и стандартов.

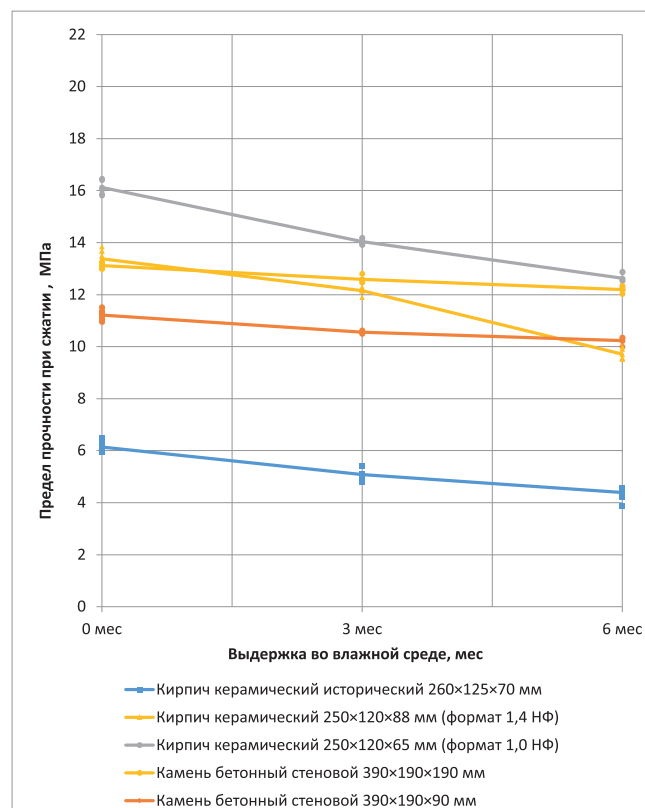


Рис. 4. Сводный график изменения прочности кладочных изделий в зависимости от выдержки в среде избыточной влажности

Fig. 4. Summary graph of changes in the strength of masonry products depending on exposure in an environment of excessive humidity

Полученные данные позволяют повысить надежность существующих кирпичных и каменных конструкций зданий исторической застройки при проведении работ по реконструкции и восстановлению памятников архитектуры, а также современных зданий и сооружений.

Исходя из анализа данных, полученных в ходе экспериментальных работ, установлено, что деградация прочностных свойств кладочных и керамических изделий происходит нелинейно. Наиболее интенсивно снижение прочности происходит на ранних этапах влияния фактора избыточной влажности, со снижением прочности деградация свойств также замедляется.

Влияние влажности следует учитывать при определении пределов прочности кирпича исторических и реконструируемых зданий, что обеспечит более рациональное назначение пределов прочности кладочных стеновых изделий, что необходимо учитывать при проведении реконструкции, перепланировки, надстройки зданий и сооружений. Бетонные изделия не так выражено теряют прочностные свойства под воздействием фактора избыточной влажности.

Коэффициент влияния влажности следует определять как отношение среднего предела прочности изделий, которые находились во влагонасыщенном состоянии, к среднему пределу прочности изделий, которые находились в состоянии нормальной влажности.

В отдельных сериях испытаний установлен повышенный разброс результатов определения предела прочности кладочных изделий во влагонасыщенном состоянии. Поэтому при обработке результатов и установлении коэффициента учета влажности следует производить отбраковку.

Для определения переходного (поправочного) коэффициента следует использовать не менее 10 результатов испытаний бетонных или керамических изделий в состоянии нормальной влажности и в состоянии избыточной влажности. Количество результатов указано с учетом отбраковки.

Среднее значение предела прочности по серии испытания изделий в состоянии нормальной влажности предлагается устанавливать по следующей формуле:

$$\bar{R}_{сж, \Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{сж, \Phi i}}{n}, \quad (1)$$

где $R_{сж, \Phi i}$ – предел прочности на сжатие кладочных изделий, определенный для изделий в состоянии нормальной влажности, МПа.

Среднее значение предела прочности по серии испытания изделий в состоянии нормальной влажности устанавливается по следующей формуле:

$$\bar{R}_{сж, V} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{сж, V i}}{n}, \quad (2)$$

где $R_{сж, V i}$ – предел прочности на сжатие кладочных изделий, определенный для изделий во влагонасыщенном состоянии, МПа.

Выполняют отбраковку результатов, неудовлетворяющих следующему условию, при этом допускается исключать не более двух:

$$\frac{|R_{сж, \Phi n} - R_{сж, V n}|}{S_{сж}} \leq 6,0, \quad (3)$$

где $S_{сж}$ – остаточное среднеквадратическое отклонение.

Необходимо определить остаточное среднеквадратическое отклонение по формуле:

$$S_{сж} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{сж, V i} - R_{сж, \Phi})^2}{n-1}}. \quad (4)$$

Коэффициент влияния влажности b на результаты испытаний влажности керамических и бетонных кладочных изделий определяется по формуле:

$$b = \frac{R_{сж, V i}}{R_{сж, \Phi i}}. \quad (5)$$

Результаты проведения исследований позволяют более корректно определять пределы прочности кладочных изделий, находящихся в агрессивных условиях избыточной влажности, которые использованы в стеновых конструкциях цокольных частей здания, в том числе через которые происходит фильтрация вод.

Внедрение в действующие нормативные документы и стандарты результатов выполнения настоящей научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы позволит более корректно определять пределы прочности кладочных стеновых изделий и кладки, эксплуатация которых осуществляется в сложных условиях, в том числе в водонасыщенном состоянии.

Результаты экспериментов показали, что наибольшее значение оказывает вид материала, из которого изготовлены кладочные стеновые изделия. Так, для бетонных кладочных изделий снижение прочности в среднем составило до 4 %, тогда как для отдельных керамических изделий в серии снижение могло составлять 30 % и более, при этом снижение предела прочности на сжатие исторического керамического кирпича составляло в среднем до 15 %.

Проведенные исследования выполнены с применением аттестованного оборудования и современных подходов к реализации поставленных задач. Результаты работы позволяют обеспечить развитие отечественной нормативной базы в части достоверности определения прочности керамических и бетонных кирпича и камня.

Внедрение результатов настоящих научных исследований позволит повысить надежность зданий и сооружений, возводимых из кладочных стеновых материалов, а именно из керамических и бетонных кирпича и камня.

Список литературы

1. Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 7 (17). С. 41–46.
2. Stryzewska T., Kańka S. Characterization of factors determining the durability of brick masonry. In book: *Brick and Block Masonry – From Historical to Sustainable Masonry*. 2020, pp. 159–164.
3. Matysek P., Stryzewska T., Kańka S., Witkowski M. The influence of water saturation on mechanical properties of ceramic bricks – tests on 19-th century and contemporary bricks. *Materiales de Construcción*. 2016, vol. 66, issue 323, e095.
4. Castellazzi G., D'Altri A.M., de Miranda S., Molari L., Ubertini F. On the effect of tortuosity on the spalling prediction in masonry through a multiphase numerical model. In book: *Brick and Block Masonry – From Historical to Sustainable Masonry*. 2020, pp. 723–730.
5. Пономарев О.И., Мухин М.А., Ветков А.С., Иванова А.Ю. Влияние шлифования нагружаемой поверхности на прочность кладочных стеновых кера-

мических изделий при сжатии // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2021. № 1 (28). С. 74–84.

6. Улыбин А.В., Старцев С.А., Зубков С.В. Контроль влажности при обследовании каменных конструкций // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 7. С. 32–39.

7. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартинформ; 2014.

8. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. Москва: АО «ЦНИИПромзданий»; 2004. 275 с.

9. Постановление Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. N 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда»; 2003.

10. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.

11. ГОСТ 4001-84. Камни стеновые из горных пород. Технические условия.

12. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

13. ГОСТ 6133-2019. Камни бетонные стеновые. Технические условия.

14. ГОСТ Р 58527-2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.

References

1. Startsev S.A. Problems of survey of building structures with signs of bio-damage. *Magazine of Civil Engineering*. 2010, no. 7 (17), pp. 41–46. (In Russian).
2. Stryzewska T., Kańka S. Characterization of factors determining the durability of brick masonry. In book: *Brick and Block Masonry – From Historical to Sustainable Masonry*. 2020, pp. 159–164.
3. Matysek P., Stryzewska T., Kańka S., Witkowski M. The influence of water saturation on mechanical properties of ceramic bricks – tests on 19-th century and contemporary bricks. *Materiales de Construcción*. 2016, vol. 66, issue 323, e095.
4. Castellazzi G., D'Altri A.M., de Miranda S., Molari L., Ubertini F. On the effect of tortuosity on the spalling prediction in masonry through a multiphase numerical model. In book: *Brick and Block Masonry – From Historical to Sustainable Masonry*. 2020, pp. 723–730.
5. Ponomarev O., Mukhin M., Vetkov A., Ivanova A. The effect of grinding the loaded surface on the strength of masonry wall ceramic products in compression. *Vestnik NIC Stroitel'stvo* [Bulletin of Science and Research Center of Construction]. 2021, no. 1 (28), pp. 74–84. (In Russian).
6. Ulybin A.V., Startsev S.A., Zubkov S.V. Humidity control in the inspection of masonry structures. *Magazine of Civil Engineering*. 2013, no. 7, pp. 32–39. (In Russian).
7. State Standard 31937-2011. Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition. Moscow: Standartinform; 2014. (In Russian).

8. Manual on the survey of the structures of buildings. Moscow: JSC "Tsniipromzdaniy"; 2004. 275 p. (In Russian).

9. Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation dated September 27, 2003 N 170 "On approval of the Rules and Standards for the Technical Operation of the Housing Stock"; 2003. (In Russian).

10. SP 28.13330.2012. Protection against corrosion of construction. Updated version of SNiP 2.03.11-85. (In Russian).

11. State Standard 4001-84. Natural rock wall blocks. Specifications. (In Russian).

12. State Standard 530-2012. Ceramic brick and stone. General specifications. (In Russian).

13. State Standard 6133-2019. Concrete wall unit. Specifications. (In Russian).

14. State Standard R 58527-2019. Wall materials. Methods for determination of ultimate compressive and bending strength. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Олег Иванович Пономарев, канд. техн. наук, заведующий лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: 1701088@mail.ru
тел.: +7 (499) 170-10-59

Oleg I. Ponomarev, Cand. Sci. (Engineering), Head of Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings (No. 7), Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1701088@mail.ru
tel.: +7 (499) 170-10-59

Александра Юрьевна Дозорова, инженер лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: 1701088@mail.ru
тел.: +7 (499) 170-10-88

Aleksandra Yu. Dozorova, Engineer, Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings (No. 7), Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1701088@mail.ru
tel.: +7 (499) 170-10-88

Михаил Александрович Мухин✉, заместитель заведующей лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lkksp@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-77-93

Mikhail A. Mukhin✉, Deputy Head, Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings (No. 7), Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: lkksp@mail.ru
tel.: +7 (499) 174-77-93

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author