

ПРИМЕНЕНИЕ КРУПНОФОРМАТНЫХ КАМНЕЙ ИЗ ВЫСОКОПОРИЗОВАННОЙ КЕРАМИКИ В НЕСУЩИХ СТЕНАХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

М.К. ИЩУК^{1,✉}, д-р техн. наук
Х.А. АЙЗЯТУЛЛИН¹
В.А. ЧЕРЕМНЫХ¹
К.П. ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ², д-р техн. наук

¹Центральный 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

²АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В российских условиях глубина опирания плиты перекрытия на стену из крупноформатных керамических камней с целью снижения теплопотерь принимается меньше, чем во многих европейских странах. Однако при небольшой глубине опирания перекрытия на край стены существенно возрастают скалывающие напряжения в кладке, что требует выполнения более надежного узла опирания.

Цель. Разработка конструкции узла опирания плиты перекрытия на стену из крупноформатных керамических камней, обеспечивающего его прочность на скалывание при минимальных потерях тепла.

Материалы и методы. Экспериментальная проверка производилась на образцах в виде столбов из крупноформатных камней, под фрагментом железобетонной плиты укладывались три ряда армированной кладки из кирпича. Вертикальная нагрузка прикладывалась к фрагменту плиты перекрытия с эксцентриситетом.

Результаты. Прокладные ряды кирпича выступили в роли распределительной подушки под плитой перекрытия, что привело к росту несущей способности не менее чем на 13–27 % при хороших теплотехнических показателях стены.

Выводы. Расчет простенка наружной стены здания показал возможность возведения зданий с наружными несущими и самонесущими стенами из крупноформатных энергоэффективных камней толщиной 38 см при высоте здания до пяти этажей. Вместе с тем, учитывая хрупкий характер разрушения кладки, высоту таких стен целесообразно ограничить двумя-тремя этажами.

Ключевые слова: кладка наружных стен, крупноформатные камни, высокопоризованная керамика, опирание перекрытия на стену, испытания на скалывание, прочность и трещиностойкость кладки, армирование в растворных швах, сетки из композитных материалов, указания по армированию кладки

Для цитирования: Ищук М.К., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А., Пятикрестовский К.П. Применение крупноформатных камней из высокопоризованной керамики в несущих стенах многоэтажных зданий. Вестник НИЦ «Строительство». 2024;43(4):195–209. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-195-209](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-195-209)

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.07.2024
Поступила после рецензирования 09.08.2024
Принята к публикации 15.08.2024

APPLICATION OF LARGE-FORMAT HIGHLY POROUS CERAMIC STONES IN LOAD-BEARING WALLS OF MULTI-STORY BUILDINGS

M.K. ISHCHUK^{1,✉}, Dr. Sci. (Engineering)

H.A. AIZYATULLIN¹

V.A. CHEREMNYKH¹

K.P. PYATIKRESTOVSKY², Dr. Sci. (Engineering)

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

²JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract

Introduction. In Russian conditions, the depth of support for floor slabs on walls made of large-format ceramic blocks is accepted to be less than in many European countries in order to reduce heat losses. However, with a small depth of support, the shear stresses in the masonry significantly increase, necessitating the construction of a more reliable support joint.

Aim. To develop a design for the support joint of a floor slab on a wall made of large-format ceramic blocks that ensures its shear strength while minimizing heat loss.

Materials and methods. Experimental verification was conducted on samples in the form of columns made of large-format blocks. Three rows of reinforced brick masonry were placed under a fragment of a reinforced concrete slab. A vertical load was applied to the fragment of the floor slab with eccentricity.

Results. The layers of bricks acted as a distribution pad under the floor slab, leading to an increase in load-bearing capacity by at least 13–27 % while maintaining good thermal performance of the wall.

Conclusions. The calculation of the outer wall's pier showed the feasibility of constructing buildings with external load-bearing and self-supporting walls made of large-format energy-efficient blocks with a thickness of 38 cm for building heights up to five stories. However, considering the brittle nature of masonry failure, it is advisable to limit the height of such walls to two or three stories.

Keywords: external wall masonry, large-format blocks, highly porous ceramics, floor slab support on walls, shear testing, strength and crack resistance of masonry, reinforcement in mortar joints, composite material meshes, masonry reinforcement guidelines

For citation: Ishchuk M.K., Aizyatullin H.A., Cheremnykh V.A., Pyatikrestovsky K.P. Application of large-format highly porous ceramic stones in load-bearing walls of multi-story buildings. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2024;43(4):195–209. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-195-209](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-195-209)

Authors contribution statement

All authors made equal contributions to the study and the publication.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.07.2024

Revised 09.08.2024

Accepted 15.08.2024

Введение

Применение крупноформатных камней из высокопоризованной керамики позволяет существенно повысить сопротивление наружных стен теплопередаче. Для большинства российских регионов толщина наружной стены, выполненной кладкой из таких камней без применения дополнительного слоя из эффективного утеплителя, могла бы составить 38 см, в то время как из более плотных крупноформатных камней она составляет 51 см и более.

В большинстве европейских стран железобетонные плиты перекрытий заводятся практически на всю толщину стены с устройством в торце плиты слоя утеплителя толщиной 5–8 см (рис. 1).

В российских условиях требуется более эффективная тепловая защита, вследствие чего глубина опирания плиты перекрытия на стену принимается меньше. Однако при опирании перекрытия на край стены существенно возрастают скалывающие напряжения в кладке.

На рис. 2 показан пример опирания плиты перекрытия на стену из крупноформатных камней [1, 2].

С целью повышения надежности узла опирания была проведена проверка узла опирания с прокладными рядами из армированной кирпичной кладки, располагаемыми ниже плиты перекрытия (рис. 3).

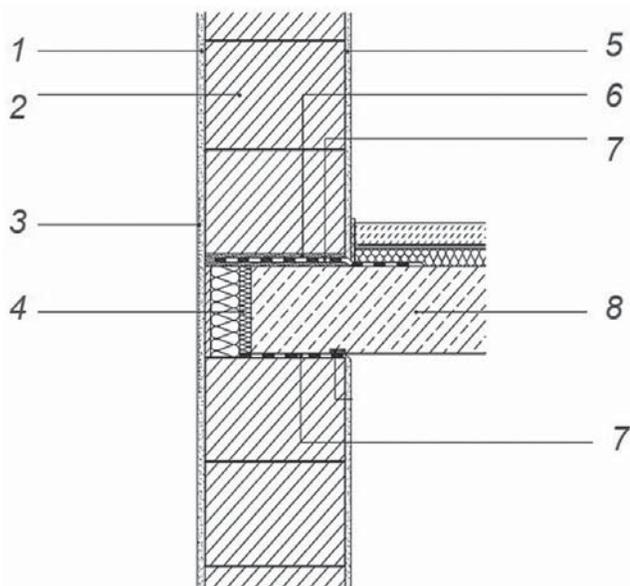


Рис. 1. Опирание железобетонной плиты перекрытия на кладку из энергоэффективных крупноформатных камней по европейскому каталогу Wienerberger [3]:

1 – наружная штукатурка; 2 – крупноформатный керамический камень; 3 – штукатурный слой; 4 – эффективный утеплитель; 5 – внутренняя штукатурка; 6, 7 – гидроизоляция; 8 – железобетонная плита перекрытия

Fig. 1. Support of a reinforced concrete floor slab on masonry made of large-format energy-efficient blocks according to the European Wienerberger catalog [3]:

1 – external plaster; 2 – large-format ceramic block; 3 – plaster layer; 4 – effective insulation; 5 – internal plaster; 6, 7 – waterproofing layer; 8 – reinforced concrete floor slab

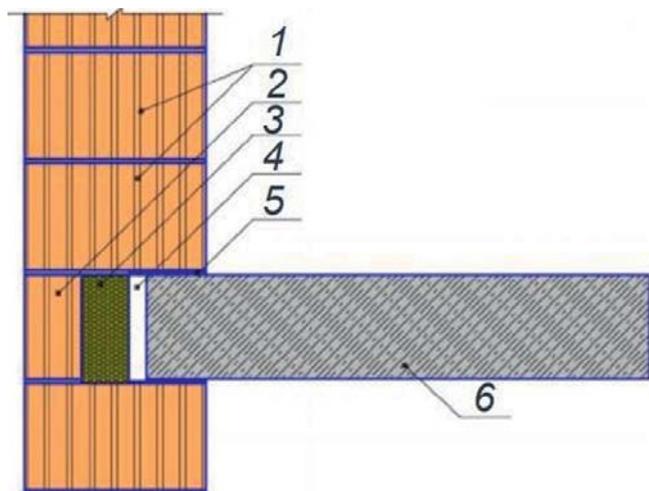


Рис. 2. Опираение железобетонной плиты перекрытия на кладку из крупноформатных камней по альбому с рекомендациями Самарского комбината керамических материалов [1, 2]: 1 – крупноформатный керамический камень КПТН II 150/35; 2 – крупноформатный керамический камень КПТВ III 150/25; 3 – эффективный утеплитель; 4 – воздушная прослойка; 5 – рубероид; 6 – железобетонная плита перекрытия

Fig. 2. Support of a reinforced concrete floor slab on masonry made of large-format blocks according to the recommendations of the Samara Ceramic Materials Plant [1, 2]: 1 – large-format ceramic block KPTN II 150/35; 2 – large-format ceramic block KPTV III 150/25; 3 – effective insulation; 4 – air layer; 5 – roofing material; 6 – reinforced concrete floor slab

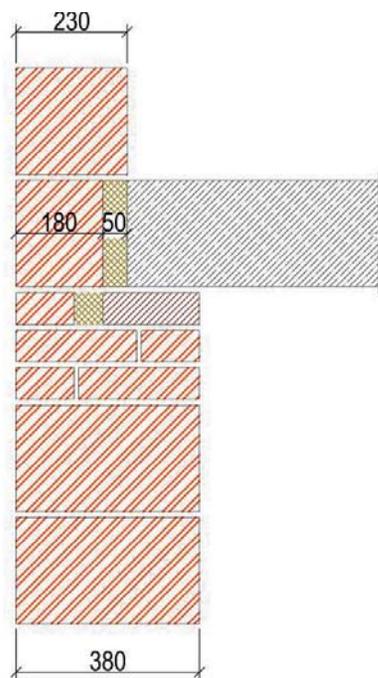


Рис. 3. Исследуемый узел опириания железобетонной плиты перекрытия на кладку из крупноформатных камней из высокопоризованной керамики
Fig. 3. Investigated support joint for a reinforced concrete floor slab on masonry made of large-format highly porous ceramic blocks

Влияние армирования кладки на ее прочность и трещиностойкость при краевом приложении нагрузки

О том, что сетчатое армирование в кладке теряет свою эффективность в случае превышения расстояния между сетками более чем 15–20 см, было известно еще по трудам советского ученого В. А. Камейко [4] и др.

В работе [5] представлены результаты исследований кладки из крупноформатных керамических камней. Армирование образцов осуществлялось базальтопластиковой сеткой с ячейкой 25 × 8 мм. По этой работе мы можем сделать следующие выводы:

- прочность армированной кладки сетками примененного в статье типа, установленными через два ряда кладки (0,4 м), практически не отличается или очень незначительно отличается от прочности неармированной кладки;
- для большей эффективности армирования при сжатии целесообразно располагать сетки с меньшим шагом по высоте.

В работах [6, 7] исследовалась прочность кладки при местном приложении нагрузки. В первой серии исследовались кирпичные стенки, армирование которых выполнено сетками из проволоки Ø 4 Вр-I с ячейкой 50 × 50 мм через 3 ряда кладки равномерно по всей высоте образца. Во второй серии диаметр арматуры сеток принят Ø 3 Вр-I и Ø 5 Вр-I, шаг

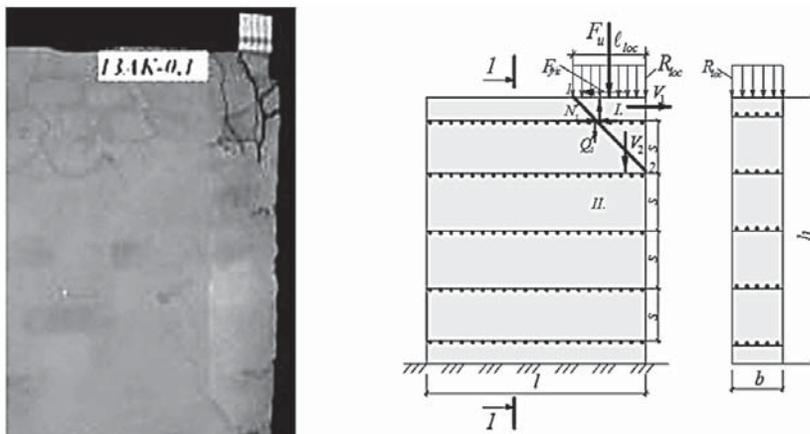


Рис. 4. Смятие армокирпичной стенки [6, 7]
Fig. 4. Crushing of the reinforced brick wall [6, 7]

сеток по высоте принят равномерным или в каждом шве кладки непосредственно в зоне смятия (рис. 4).

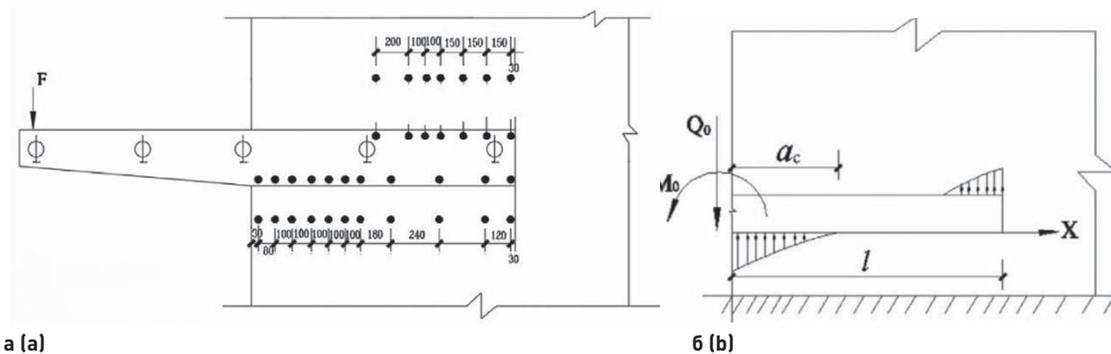
Наблюдалось два вида разрушения: путем среза и в результате разрушения столбика под поверхностью штампа. Независимо от характера расположения сеток арматура по высоте работает неравномерно – лишь в верхней сетке напряжения достигают предела текучести, поэтому усилие в других сетках рекомендовано учитывать с коэффициентом $\gamma = 0,8$. Установлено, что нецелесообразно армирование только одной сеткой под площадкой загрузки, наиболее эффективным является размещение сеток в пределах зоны смятия.

В работе [8] приведены результаты исследований прочности кладки при различных случаях местного сжатия. Испытания проводились на образцах, выполненных из крупноформатного камня марки по прочности М200 на клеевом растворе марки М100. По результатам испытаний коэффициент увеличения расчетного сопротивления кладки для случая приложения вертикальной нагрузки на краю стены оказался очень большим – от 1,01 до 1,33. В итоге, ссылаясь на ограниченность исследований, авторы рекомендуют принять этот коэффициент равным 1,0.

Следует отметить, что приведенная выше работа относится к случаю, когда вертикальная нагрузка прикладывается в виде штампа. Вместе с тем при опирании на кладку плит перекрытий или балок характер приложения нагрузки отличается вследствие их изгиба в пролете и поворота на опоре в случае отсутствия заделки.

В работе китайских исследователей [9] приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований прочности каменной кладки на участке опирания на нее консольной балки (рис. 5). На краю опоры наблюдаются максимальные величины сжимающих напряжений, распределенных по эпюре, близкой к треугольной.

Выбор материала и конструкции сеток для эксперимента производился из анализа проведенных ранее исследований по эффективности сетчатого армирования и узлов его анкеровки в условиях работы кладки на растяжение по горизонтали, сдвига – по вертикали. Наиболее полно испытания армированной и неармированной кладки на растяжение приведены в работе [10]. Образцы выполнялись в виде фрагмента однослойной кирпичной



а (a) **б (b)**
Рис. 5. Испытания кладки на местное сжатие: *a* – схема испытаний; *b* – эпюры вертикальных сжимающих напряжений, расчетная схема [9]
Fig. 5. Local compression tests of masonry: *a* – testing scheme; *b* – diagrams of vertical compressive stresses, design diagram

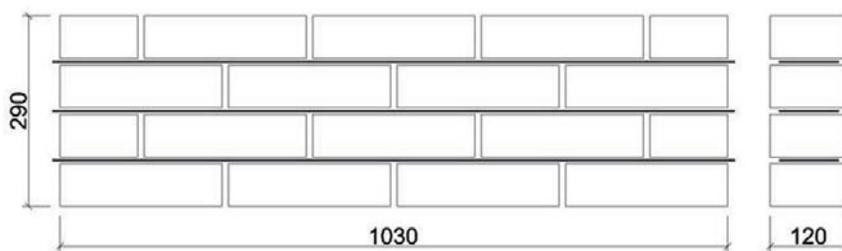


Рис. 6. Чертеж и общий вид армированного образца [10]
Fig. 6. Drawing and general view of the reinforced samples [10]

кладки размером 1030×290 (h) мм и толщиной 120 мм, армирование выполнено сетками в каждом ряду кладки (рис. 6).

Разрушение образцов, армированных стальными сетками с диаметром арматуры 2,9 мм, происходило в основном с образованием одной сквозной вертикальной трещины и разрывом арматуры. Разрушение образцов с продольными стержнями из углепластика диаметром 4 мм вследствие большой прочности арматуры происходило не от ее разрыва, а от ее выдергивания вблизи торцов образца.

Авторами указанной выше работы проводились также экспериментальные исследования прочности и деформаций при осевом растяжении узлов анкеровки сеток из полимерных композитных материалов, установленных в растворные швы между двумя кирпичами [11, 12].

В работе [11] приведены результаты испытания на вырыв из растворного шва сеток из базальтопластика. Разрушение происходило вследствие разрыва продольных стержней сеток из растворного шва.

В работе [12] исследовались образцы с жесткими сетками из стекловолокна. Разрушение происходило вследствие выдергивания продольных стержней сеток из растворного шва.

Косвенно судить о работе сеток из полимерных композитных материалов позволяют и результаты проведенных авторами работ исследований прочности и деформаций двухслойной кладки при сдвиге слоев относительно друг друга [13]. Исследования показали, что армирование жесткими стеклопластиковыми сетками позволило обеспечить надежную связь слоев. При этом в предельном состоянии вырыва сеток из растворных швов не происходило. Происходил разрыв сеток по шву между кладкой лицевого слоя толщиной 85 мм из клинкерного кирпича и основного слоя кладки из керамических крупноформатных камней.

В работах авторов показано, что прочность отдельных продольных стержней из полимерных композитных материалов, работающих в составе сеток, уложенных в горизонтальные растворные швы, при растяжении используется не полностью. Коэффициент условий работы, характеризующий степень использования прочности отдельных продольных стержней сеток, может быть принят равным 0,7.

Анализ источников показал следующее:

1. При опирании на кладку плит перекрытий характер приложения нагрузки отличается вследствие их изгиба в пролете и поворота на опоре.

Глубина опирания плит перекрытий на кладку в большинстве стран принята практически на всю толщину стены с устройством в торце плиты утеплителя толщиной 5–8 см.

В российских условиях вследствие более холодных зим с целью минимизации теплопотерь глубину опирания плиты на стену целесообразно выполнять как можно меньше. Особенно это относится к наружным стенам из крупноформатных камней с большим объемом пор в керамике, позволяющим выполнять стену однослойной толщиной 380 мм. В этом случае глубину опирания целесообразно выполнять не более 150 мм. В то же время вследствие сокращения глубины опирания плиты перекрытия на кладку сокращается площадь смятия и рост скалывающих напряжений под плитой.

2. Предельное состояние кладки при приложении нагрузки на краю стены может наступить по трем случаям: от раздробления кладки под опорой, среза и скалывания под углом.

3. Прочность кладки на смятие может быть повышена за счет армирования сетками, располагаемыми в горизонтальных растворных швах. С увеличением расстояния между сетками по высоте до 20 см и более эффективность армирования падает. Наилучший эффект достигается при шаге сеток ~7 см при армировании верхних трех-четырех рядов кладки на участке приложения местной нагрузки.

Целью проводимых исследований являлась оценка работы узла опирания перекрытия на стену из такого хрупкого материала, как крупноформатные камни из высокопоризованной керамики.

Материалы для изготовления образцов

Образцы выполнялись кладкой из крупноформатных камней Самарского комбината керамических материалов из высокопоризованной керамики с габаритами $250 \times 380 \times 219$ (h) мм марки по прочности М75 и коэффициентом теплопроводности 0,082 Вт/м×К (рис. 7).

Нагрузка на кладку передавалась через фрагмент железобетонной плиты с габаритами $150 \times 380 \times 219$ (h) мм. Ниже уровня плиты выполнялись прокладные ряды из керамического кирпича высотой по 65 мм пустотностью 42% марки М150 и полнотелого кирпича марки М200 (рис. 8).

Кладка велась на цементно-песчаном растворе марки М100. Толщина горизонтальных швов составила 12 мм, вертикальных – 10 мм. Армирование кладки осуществлялось сетками, укладываемыми в горизонтальные растворные швы. Стальные сетки выполнялись из проволоки класса В500 диаметром 2,7 мм с ячейкой 50×50 мм с разрывным усилием $P = 318$ кгс (3,11 кН) и модулем упругости $E_s = 170\,000$ МПа.

Размер ячейки сеток из полимерных композитных материалов составил 50×50 мм. Продольная арматура этих сеток выполнялась из углепластика диаметром 6 мм с пределом прочности при растяжении 1400 МПа (разрывное усилие 38,9 кН) и модулем упругости 130 ГПа. Поперечная арматура изготавливалась из стеклопластика диаметром 4 мм.

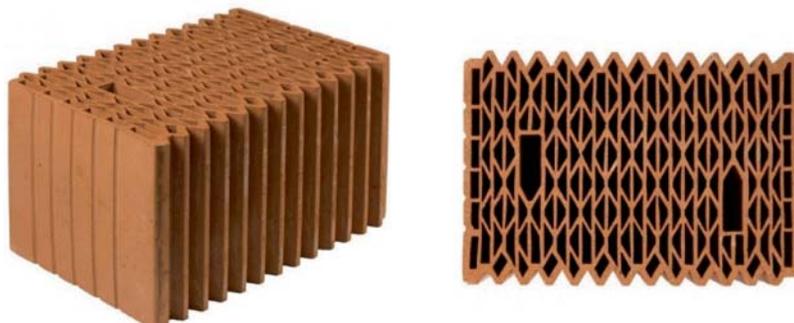


Рис. 7. Энергоэффективный крупноформатный камень из высокопоризованной керамики производства Самарского комбината керамических материалов

Fig. 7. Large-format energy-efficient block made of highly porous ceramics produced by the Samara Ceramic Materials Plant

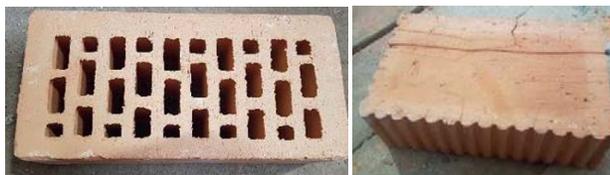


Рис. 8. Кирпичи для изготовления образцов

Fig. 8. Bricks for sample production

Описание опытных образцов

Было испытано четыре серии по пять образцов в каждой. Образцы серий «К», «С», «1К», «2К», выполнены в виде столбов с габаритами в плане $0,38 \times 0,25$ м и высотой 1,14 м (рис. 9).

Нижние два ряда образцов выполнены кладкой из крупноформатных керамических камней. Следующие три ряда выполнены из керамического кирпича. При этом непосредственно под плитой уложены в один ряд полнотелые кирпичи марки М150 высотой по 65 мм и длиной по 200 мм, получаемые путем распиловки целых кирпичей.

Кладка из полнотелых кирпичей и железобетонный фрагмент плиты отделялись плитным утеплителем толщиной 50 мм.

Толщина горизонтальных швов составила 12 мм, вертикальных – 10 мм.

Образцы серии «К1» выполнены в виде столбов с габаритами в плане $0,38 \times 0,25$ м и высотой 0,75 м (рис. 10).

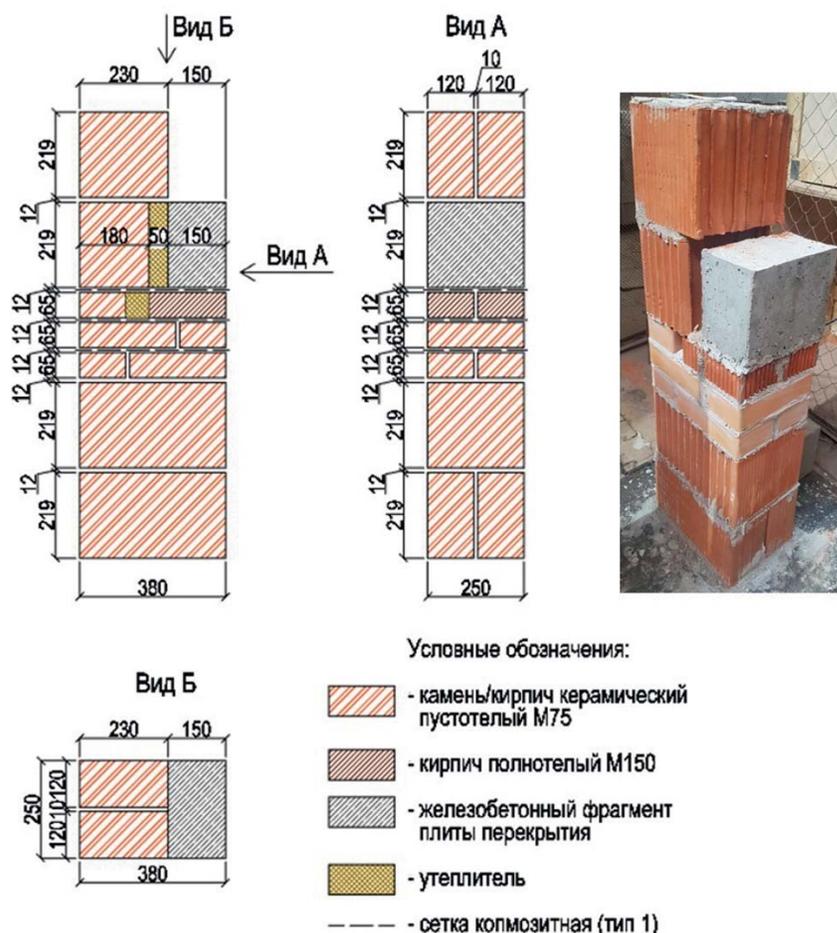


Рис. 9. Образцы серий «К», «С», «1К», «2К»
 Fig. 9. Samples of K, S, 1K, 2K series

Методика проведения испытаний

Образцы испытывались вертикальной нагрузкой, прикладываемой к железобетонному фрагменту с помощью гидравлического домкрата. Схема испытаний приведена на рис. 11.

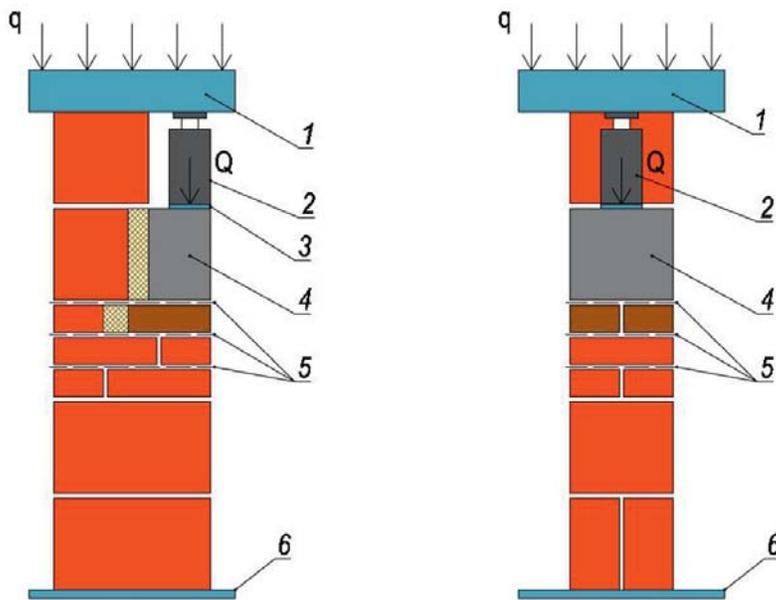
Результаты экспериментальных исследований

Первые трещины образовывались вблизи участка опирания железобетонного фрагмента плиты перекрытия, начиная с уровня второго ряда кирпичной кладки, при уровне вертикального усилия около 85% от предельного.

Разрушение армированных образцов (серий «С», «1К», «2К») происходило



Рис. 10. Образец серии «К1»
 Fig. 10. K1 series sample



а (a) б (b)
 Рис. 11. Схема испытаний образцов серий «К», «С», «1К», «2К»: а – вид образца сбоку; б – вид образца спереди;
 1 – траверса гидравлического пресса; 2 – гидравлический домкрат; 3 – распределительная пластина;
 4 – железобетонный фрагмент плиты перекрытия; 5 – сетка; 6 – поддон
 Fig. 11. Testing scheme for samples of K, S, 1K, 2K series: а – side view of the sample; б – front view of the sample;
 1 – beam of the hydraulic press; 2 – hydraulic jack; 3 – distribution plate; 4 – reinforced concrete fragment of the floor slab; 5 – mesh; 6 – base

в результате разрушения кладки из керамических камней со стороны нагруженного торца образца (рис. 12).

Графики вертикальных деформаций по наиболее нагруженной грани в зависимости от относительного вертикального усилия, приложенного к фрагменту плиты, приведены на рис. 13.

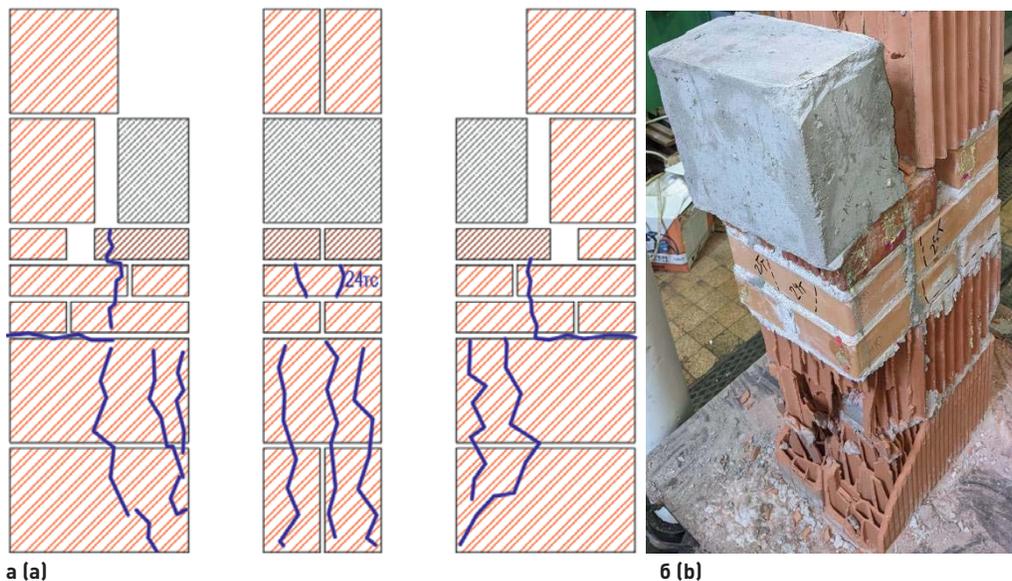


Рис. 12. Образец серии «1К» после испытания: а – схема трещин; б – вид образца после испытания
 Fig. 12. Sample of the 1K series after testing: a – crack scheme; b – view of the sample after testing

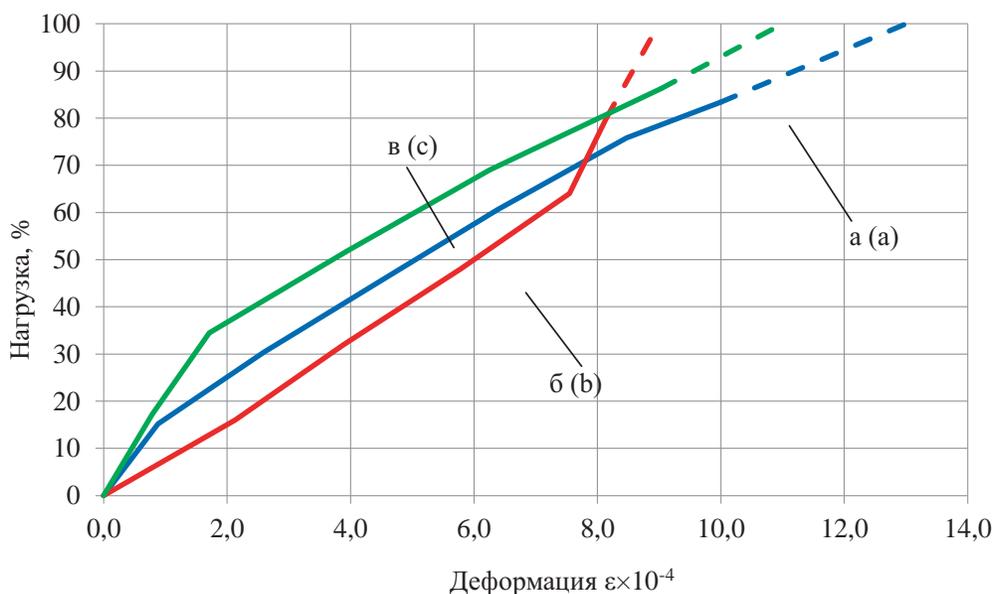


Рис. 13. Вертикальные деформации по наиболее нагруженной грани для образцов серий: а – «С»; б – «1К»; в – «2К»
 Fig. 13. Vertical deformations along the most loaded edge for series samples: a – C; b – 1K; c – 2K

Характер разрушения неармированных образцов (серии «К» и «К1») был близок к хрупкому, первые трещины в кладке были обнаружены при уровне вертикального усилия 80 % от предельного.

Разрушение в большинстве случаев происходило с образованием трещин со стороны опирания железобетонного фрагмента плиты перекрытия и по боковым граням образцов (рис. 14).

Графики вертикальных деформаций по наиболее нагруженной грани в зависимости от относительного вертикального усилия, приложенного к фрагменту плиты, приведены на рис. 15.

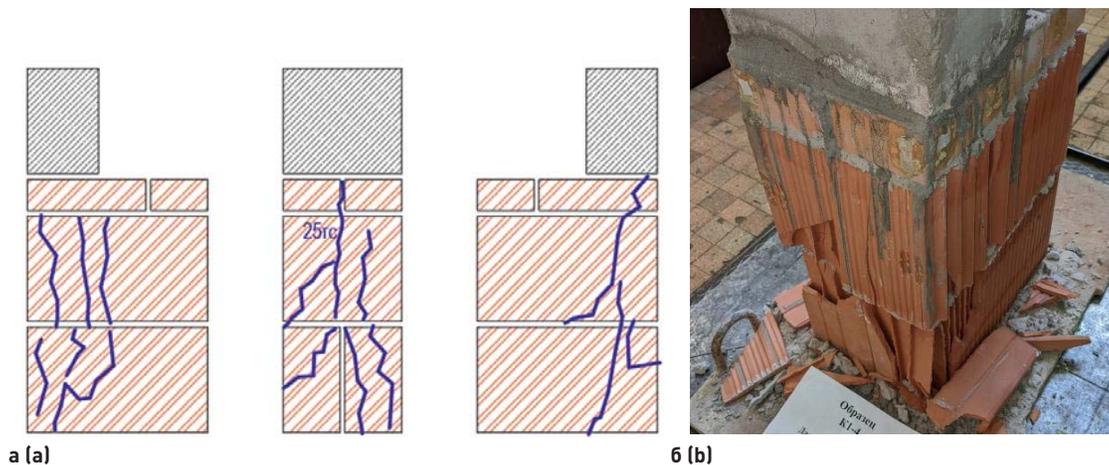


Рис. 14. Образец серии «К1» после испытания: а – схема трещин, б – вид образца после испытания
Fig. 14. Sample of the K1 series after testing: a – crack scheme; b – view of the sample after testing

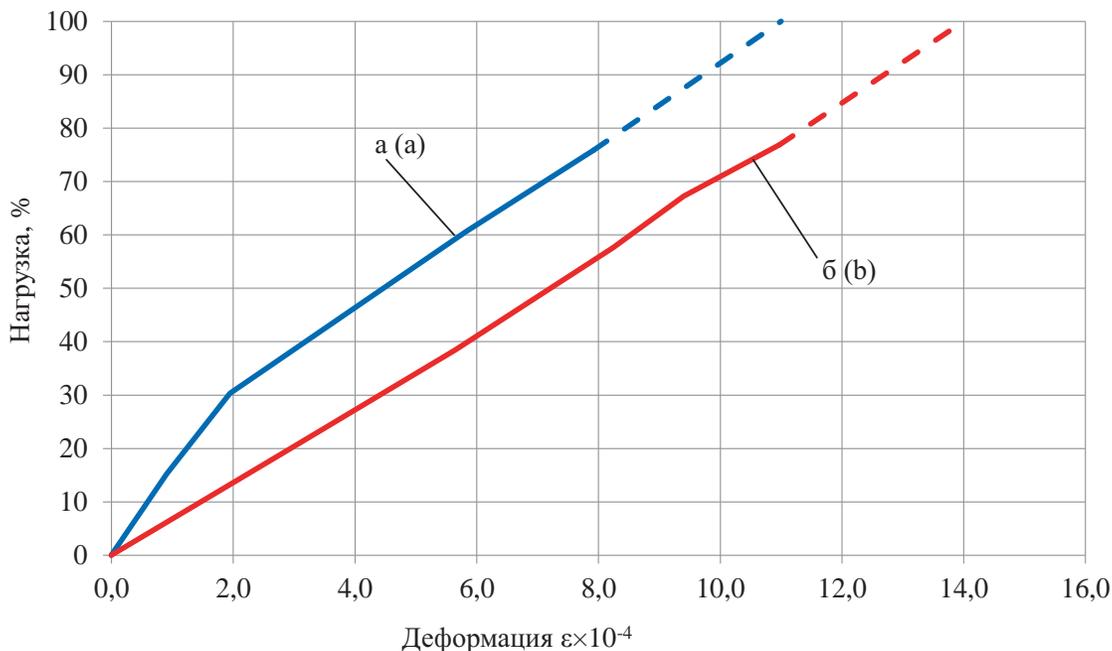


Рис. 15. Вертикальные деформации по наиболее нагруженной грани для образцов серий: а – «К»; б – «К1»
Fig. 15. Vertical deformations along the most loaded edge for series samples: a – K; b – K1

Анализ результатов экспериментальных исследований

Разрушение образцов происходило хрупко в кладке из крупноформатных камней при уровне нагрузки 80–85 % от предельного значения.

Армирование кирпичной кладки, расположенной под плитой перекрытия, вне зависимости от типа применяемой сетки значительно повысило несущую способность.

Отличие в характере работы армированных и неармированных образцов состояло в том, что в неармированных образцах процесс образования трещин начинался в верхних прокладных рядах кладки из кирпича непосредственно под фрагментом плиты перекрытия. В армированных образцах трещины в прокладных рядах образовывались в меньшем количестве.

Разрушение происходило по кладке из крупноформатных высокопустотных камней из поризованной керамики вследствие среза вдоль вертикальных пустот. В случае кладки из полнотелого кирпича разрушение происходило бы по наклонному сечению вследствие скалывания кладки.

Прокладные ряды кирпича выступили в роли распределительной подушки под плитой перекрытия, несколько снизив краевые напряжения, что привело к росту несущей способности не менее чем на 13–27%. Вместе с тем разрушение всех типов образцов (как армированных, так и неармированных) происходило хрупко при уровне нагрузки в момент образования первых трещин 0,8 от предельной.

Расчет простенка наружной стены здания показал возможность возведения зданий с наружными несущими и самонесущими стенами из крупноформатных энергоэффективных камней толщиной 38 см при высоте здания до пяти этажей. Вместе с тем, учитывая хрупкий характер разрушения кладки, высоту таких стен целесообразно ограничить двумя-тремя этажами.

В однослойных наружных стенах из крупноформатных высокопустотных керамических камней при толщине кладки не более 0,4 м и глубиной опирания железобетонной плиты перекрытия, ограниченной возможностью промерзания величиной 15 см, по торцу плиты следует размещать эффективный утеплитель толщиной 5 см. В уровне низа плиты перекрытия следует укладывать три ряда кладки из кирпича, армированных в горизонтальных рядах сетками со стержнями из стали диаметром не менее 3 мм с размером ячейки не более 50 × 50 мм или сетками с ячейкой не менее 25 × 25 мм из композитных материалов с эквивалентным по площади сечением стержней, уложенных перпендикулярно поверхности стены.

Список литературы

1. Альбом технических решений стен из керамических крупноформатных поризованных камней производства ЗАО «Самарский комбинат керамических материалов», торговая марка «Керакам». Москва: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко; 2014.
2. Альбом с рекомендациями Самарского комбината керамических материалов; 2016.
3. Wandlösungen. Planungs- und Verarbeitungshandbuch Technische Informationen. Wienerberger [internet]. Available at: https://www.wienerberger.de/content/dam/wienerberger/germany/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/wall/DE_MKT_DOC_POR_Planungs-%20und%20Verarbeitungshandbuch.pdf.
4. Камейко В.А. Прочность и деформации армированной кирпичной кладки [автореф. диссертации]. Москва; 1951.

5. Грановский А.В. Проведение экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из крупноформатных рядовых пустотнорядованных камней, усиленной композитной сеткой на основе базальтового волокна марки «СБНПс ГРИДЕКС» производства фирмы «РЕКСТРОМ-К».
6. Довженко О.А., Пинчук Н.М. Прочность армокирпичной кладки при смятии. В: Технические науки: теоретические и прикладные аспекты. Материалы междунар. заочной науч.-практ. конф. Новосибирск; 2012, с. 136–142.
7. Пинчук Н.М. Прочность армокирпичной кладки при местном приложении сжимающей нагрузки [диссертация]. ПолтНТУ; 2009.
8. Грановский А.В., Сайфулина Н.Ю., Берестенко Е.И. К вопросу прочности кладки из крупноформатного керамического пустотелого камня при местном сжатии. Промышленное и гражданское строительство. 2014;(4):21–23.
9. Xiaolong Tong, Chucai Peng, Jian Zhang. Study on the enhancement coefficient of the local compressive strength improvement of masonry under a cantilever beam Case Studies in Construction Materials. 2019;11:e00243. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00243>
10. Ищук М.К., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А., и др. Экспериментальные исследования прочности и деформаций кладки лицевого слоя наружных стен на растяжение по перевязанному (вертикальному) сечению, армированной в горизонтальных швах сетками из полимерных композитных материалов и стали. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе. № Госрегистрации 122042700105-4. Москва; 2022.
11. Ищук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Москва: Стойматериалы; 2009.
12. Ищук М.К., Айзятуллин Х.А., Гогуа О.К. Исследования связей из полимерных композитных сеток для трехслойной кладки. Строительные материалы. 2020;(9):37–43. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-784-9-37-43>
13. Ищук М.К., Гогуа О.К., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Исследования двухслойной кладки при сдвиге слоев. Вестник НИЦ «Строительство». 2020;25(2):34–43. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2\(25\)-34-43](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2(25)-34-43)

References

1. Album of technical solutions for walls made of ceramic large-format porous stones produced by Samara Combine of Ceramic Materials CJSC, Kerakam trademark. Moscow: Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko; 2014. (In Russian).
2. Album with recommendations of the Samara Ceramic Materials Plant. 2016. (In Russian).
3. Wandlösungen. Planungs- und Verarbeitungshandbuch Technische Informationen. Wienerberger [internet]. Available at: https://www.wienerberger.de/content/dam/wienerberger/germany/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/wall/DE_MKT_DOC_POR_Planungs-%20und%20Verarbeitungshandbuch.pdf.
4. Kameiko V.A. Strength and deformations of reinforced brickwork [dissertation]. Moscow; 1951. (In Russian).
5. Granovsky A.V. Conducting experimental studies of the strength and deformability of masonry walls made of large-format ordinary hollow-perforated stones reinforced with a composite mesh based on basalt fiber of the SBNPs GRIDEX brand manufactured by REKSTROM-K.
6. Dovzhenko O.A., Pinchuk N.M. Strength of reinforced brick masonry during crumpling. In: Technical sciences: theoretical and applied aspects. Materials of the international correspondence scientific and practical conference. Novosibirsk; 2012, pp. 136–142. (In Russian).
7. Pinchuk N.M. The strength of reinforced masonry under local application of compressive load [dissertation]. PoltNTU; 2009. (In Russian).
8. Granovsky A.V., Saifulina N.Yu., Berestenko E.I. On the question of the strength of masonry made of large-format ceramic hollow stone under local compression. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and Civil Engineering. 2014;(4):21–23. (In Russian).
9. Xiaolong Tong, Chucai Peng, Jian Zhang. Study on the enhancement coefficient of the local compressive strength improvement of masonry under a cantilever beam Case Studies in Construction Materials. 2019;11:e00243. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00243>

10. *Ishchuk M.K., Aizyatullin H.A., Cheremnykh V.A., et al.* Experimental studies of the tensile strength and deformations of the masonry of the front layer of external walls along a bandaged (vertical) section reinforced in horizontal seams with grids of polymer composite materials and steel. Report on research and development work. State Registration No. 122042700105-4. Moscow; 2022. (In Russian).
11. *Ishchuk M.K.* Domestic experience in the construction of buildings with external walls made of lightweight masonry. Moscow: Stoimaterialy Publ.; 2009. (In Russian).
12. *Ishchuk M.K., Aizyatullin Kh.A., Gogua O.K.* Research of ties from polymer composite meshes for three-layer masonry. *Stroitel'nye Materialy = Construction Materials*. 2020;(9):37–43. (In Russian). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-784-9-37-43>
13. *Ishchuk M., Gogua O., Ajzyatullin H., Cheremnykh V.* Researches of double-layer masonry under shear layers. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2020;25(2):34–43. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2\(25\)-34-43](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-2(25)-34-43)

Информация об авторах / Information about the authors

Михаил Карпович Ищук[✉], д-р техн. наук, заведующий лабораторией реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: kamkon@yandex.ru

тел.: +7 (926) 535-20-32; +7 (499) 174-79-96 (83)

Mikhail K. Ishchuk[✉], Dr. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory for the Reconstruction of Unique Stone Buildings and Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: kamkon@yandex.ru

tel.: +7 (926) 535-20-32; +7 (499) 174-79-96 (83)

Халит Алиевич Айзятуллин, магистр, инженер лаборатории реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: halit915@mail.ru

Halit A. Aizyatullin, Master, Engineer, Laboratory for the Reconstruction of Unique Stone Buildings and Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: halit915@mail.ru

Виктория Александровна Черемных, магистр, научный сотрудник лаборатории реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: cheremnykh_v.a@mail.ru

Victoria A. Cheremnykh, Master, Researcher, Laboratory for the Reconstruction of Unique Stone Buildings and Structures, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: cheremnykh_v.a@mail.ru

Константин Пантелеевич Пятикрестовский, д-р техн. наук, АО «НИЦ «Строительство», Москва

Konstantin P. Pyatikrestovsky, Dr. Sci. (Engineering), JSC Research Center of Construction, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author