https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1(44)-61-74 EDN: JYFNCM
УДК 624.012.2

ОГНЕСТОЙКОСТЬ КЛАДКИ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КАМНЕЙ

О.И. ПОНОМАРЕВ[1,✉], канд. техн. наук
М.А. МУХИН[1]
О.С. ЧИГРИНА[1]
М.И. КЛЕЙМЕНОВ[2]
А.Э. ХУДАЙНАТОВ[3]

[1] 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

[2] ИЦ «Огнестойкость», Рязанский пр., д. 61, к. 4, г. Москва, 109428, Российская Федерация

[3] ООО «ТД БРАЕР», Нагорная ул., д. 18, к. 4, г. Москва, 117186, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Проведенные огневые испытания натурных фрагментов кладки стен из крупноформатных керамических камней показали, что конструкции стен имеют различный предел огнестойкости, который зависит от вида кладочного раствора, конструкции камня (размеры и расположение внутренних перегородок), толщины стен и ряда других факторов. Это необходимо учитывать при проектировании несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Цель. Определение предела огнестойкости для кладки стен из крупноформатных керамических камней пустотностью до 57 % и подготовка предложений для повышения пределов их огнестойкости для обеспечения надежности сооружений.

Материалы и методы. Испытания проводились до наступления предельного состояния по потере целостности, по потере теплоизолирующей способности, по потере несущей способности в соответствии с ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

Результаты. Кладка имеет различный предел огнестойкости в зависимости от толщины стен, вида применяемого кладочного раствора и пустотности кладочных стеновых изделий.

Выводы. По результатам исследований даны рекомендации о необходимости проверки огнестойкости кладки стен из крупноформатных керамических камней пустотностью до 57 % и разработки мероприятий по обеспечению огнестойкости стен в случае применения кладки на клеевых растворах, а также при проектировании стен толщиной менее 250 мм на кладочных растворах всех видов. Рекомендуется включить в свод правил по проектированию ограждающих конструкций из крупноформатных керамических камней специальный раздел, определяющий требования по огнестойкости кладки.

Ключевые слова: крупноформатный керамический камень, пожаробезопасность, предел и критерии огнестойкости, каменная кладка, пустотность, огневое испытание

Для цитирования: Пономарев О.И., Мухин М.А., Чигрина О.С., Клейменов М.И., Худайнатов А.Э. Огнестойкость кладки из крупноформатных керамических камней. *Вестник НИЦ «Строительство».* 2025;44(1):61–74. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1(44)-61-74

Вклад авторов
Пономарев О.И., Худайнатов А.Э. – введение, анализ результатов исследований, выводы.
Мухин М.А., Чигрина О.С., Клейменов М.И. – проведение экспериментальных исследований.

Финансирование
Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 08.07.2024
Поступила после рецензирования 15.09.2024
Принята к публикации 17.10.2024

FIRE RESISTANCE OF LARGE-BLOCK CERAMIC MASONRY

O.I. PONOMAREV[1,✉], Cand. Sci. (Engineering)
M.A. MUKHIN[1]
O.S. CHIGRINA[1]
M.I. KLEIMENOV[2]
A.E. KHUDAINATOV[3]

[1] 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

[2] Fire Resistance Test Center, Ryazansky pr., 61, bld. 4, Moscow, 109428, Russian Federation

[3] TH BRAER LLC, Nagornaya str., 18, bld. 4, Moscow, 117186, Russian Federation

Abstract

Introduction. The performed fire tests of wall masonry fragments made of large ceramic blocks show that wall structures have different fire resistance limits depending on the type of mortar, block size and location of internal partitions, wall thickness, and a number of other factors. This must be taken into account in the design of load-bearing and enclosing structures of buildings and civil engineering facilities.

Aim. To determine the fire resistance limit for masonry walls made of large ceramic blocks with a void factor of up to 57 % and prepare proposals for increasing their fire resistance limits.

Materials and methods. The tests were carried out until the limit state for the loss of integrity, thermal insulation capacity, and bearing capacity in accordance with State Standard 30247.1-94 "Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. Loadbearing and separating constructions".

Results. The masonry has different fire resistance limits depending on the wall thickness, type of used mortar, and void factor of masonry wall products.

Conclusions. We provide recommendations on the need to check the fire resistance of masonry walls made of large ceramic blocks with a void factor of up to 57 %. In addition, measures should be developed to ensure fire resistance of adhesive mortar masonry walls, as well as walls of any masonry mortar type with a thickness less than 250 mm. We recommend to include a special section defining the requirements for the fire resistance of masonry in the set of rules for the design of enclosing structures made of large ceramic blocks.

Keywords: large ceramic blocks, fire safety, fire resistance limit and criteria, masonry, void factor, fire test

For citation: Ponomarev O.I., Mukhin M.A., Chigrina O.S., Kleimenov M.I., Khudainatov A.E. Fire resistance of large-block ceramic masonry. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction.* 2025;44(1):61–74. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-1(44)-61-74

Authors contribution statement
Ponomarev O.I., Khudainatov A.E. – introduction, analysis of research results, conclusion.
Mukhin M.A., Chigrina O.S., Kleimenov M.I. – conducting experimental studies.

Funding
No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Received 08.07.2024
Revised 15.09.2024
Accepted 17.10.2024

Введение

В последние годы в практике строительства находят все большее применение эффективные керамические кладочные изделия, в том числе крупноформатные пустотно-поризованные камни, которые являются современным строительным материалом и применяются при устройстве наружных и внутренних, несущих и ненесущих ограждающих конструкций и перегородок.

Крупноформатные керамические камни имеют большое применение при возведении жилых и гражданских зданий, что связано с целым рядом преимуществ данного материала над традиционными кладочными изделиями. Основными преимуществами кладки из крупноформатных керамических камней являются небольшой объемный вес, низкая теплопроводность, достигаемые благодаря наличию в материале пустот, которые снижают вес изделий и, соответственно, трудоемкость производства работ за счет увеличения размеров камня. Пустотность крупноформатных керамических камней, широко используемых в практике строительства, составляет 55–57%, что обеспечивает повышенные теплотехнические характеристики кладки наружных стен и позволяет в ряде регионов возводить стены зданий с кирпичной облицовкой даже без применения эффективного утеплителя.

Крупноформатный пустотно-поризованный керамический камень – это современный эффективный строительный материал. Крупноформатные камни выпускаются различных типоразмеров. Наибольшее применение этот кладочный материал нашел при устройстве наружных ограждающих несущих и ненесущих стен зданий благодаря высоким теплотехническим характеристикам.

Кладку из крупноформатных керамических камней можно вести как на традиционных цементно-песчаных растворах, так и на теплых и клеевых растворах или клеях. При выполнении кладки на клеевых составах необходима шлифовка опорных граней камня – пастелей. Вертикальные швы имеют пазогребневое соединение и заполняются раствором. Пазогребневые соединения обеспечивают снижение продуваемости вертикального стыка.

Гребень или паз выполняются на тычке, что характерно для камней, предназначенных для устройства трехслойных наружных стен или перегородок. Для камней, предназначенных только для устройства наружных стен, выполняемых преимущественно двухслойными, характерно расположение пазогребневой структуры на ложковой или торцевой поверхностях. Соединение вертикальных швов не заполняется раствором.

Во многих регионах России были введены в эксплуатацию технологические линии по выпуску крупноформатных пустотно-поризованных керамических камней. Вслед за заводом «Победа» в Санкт-Петербурге такие изделия стали выпускать в Киржаче (Владимирская область), Славинске, Калининграде, Верхне-Волжском, Перми и в других городах РФ.

Основная цель статьи – оценка предела огнестойкости для кладки стен из крупноформатных керамических камней пустотностью до 57 % и подготовка предложений для повышения пределов их огнестойкости для обеспечения надежности.

В связи с тем, что керамика и изделия из нее являются негорючим материалом, исследованиям огнестойкости конструкции из крупноформатных камней не уделялось должного внимания. Однако высокая пустотность изделия, тонкие внутренние перегородки камней (5–7 мм) создают условия для значительных деформаций камня и разрушений конструкций.

В целях уточнения пределов огнестойкости кладки из крупноформатных керамических камней пустотностью до 57 % в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко по заказу ООО «ТД Браер» проведены исследования, анализ результатов испытаний огнестойкости кладки из указанных камней, а также разработаны рекомендации по повышению огнестойкости.

Краткое описание экспериментальных образцов

Анализ огнестойкости кладки из крупноформатных керамических камней проведен на 10 образцах. Огневые испытания выполнялись в ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость» и в ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ «ВНИИПО».

Образец № 1 кладки несущей стены толщиной 400 мм (со штукатуркой), выполненной из керамических крупноформатных камней производства ОАО «СтройПанельКомплект» на двухкомпонентном полиуретановом клеевом составе «ISA-PUR 2607 (2K-PUR-K)», под нагрузкой в 21,5 т/п.м. Предел огнестойкости образцов составил 112 мин по потере несущей способности *R*. Протокол № 12061 от 19.11.2013 г. испытательной лаборатории Научно-исследовательского центра пожарной безопасности ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России (ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ «ВНИИПО»). Образец разрушился на 112-й минуте.

Образец № 2 кладки несущей стены толщиной 380 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней производства ОАО «СтройПанельКомплект» на двухкомпонентном полиуретановом клеевом составе «ISA-PUR 2607 (2K-PUR-K)», под нагрузкой в 34,5 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил 76 мин по потере несущей способности *R* и целостности *E*. Протокол № 5 ск/и-2013 от 12.04.2013 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец разрушился на 76-й минуте.

Образец № 3 кладки несущей стены толщиной 260 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней производства ОАО «СтройПанельКомплект» на двухкомпонентном полиуретановом клеевом составе «ISA-PUR 2607 (2K-PUR-K)», под нагрузкой в 15,0 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил 62 мин по потере несущей способности *R* и целостности *E*. Протокол № 4 ск/и-2013 от 12.04.2013 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец разрушился на 62-й минуте.

Образец № 4 кладки несущей стены толщиной 250 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней Porotherm 25 производства ООО «Винербергер Кирпич» на цементно-песчаном растворе, под нагрузкой в 10,0 т/п.м. Предел огнестойкости образца

составил не менее REI240. Протокол № 21 с/ск-2012 от 20.05.2012 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»).

Образец № 5 кладки несущей стены толщиной 120 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней Porotherm 12 производства ООО «Винербергер Кирпич» на цементно-песчаном растворе. Предел огнестойкости образца составил 92 мин по потере теплоизолирующей способности *I*. Протокол № 22 с/ск-2012 от 20.05.2012 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец разрушился на 92-й минуте из-за потери целостности образца.

Образец № 6 кладки несущей стены толщиной 250 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней марки «Термоблок» производства ОАО «Биотех» на цементно-песчаном растворе, под нагрузкой в 10,0 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил не менее REI240. Протокол № 61 сд/ск-2014 от 06.11.2014 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец не разрушился.

Образец № 7 трехслойной кладки несущей стены толщиной 520 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней Porotherm 38 на цементно-песчаном растворе с кирпичной облицовкой и утеплителем из минваты, под нагрузкой в 10,0 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил более REI240. Протокол № 25 ск/и-2015 от 17.08.2015 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец не разрушился.

Образец № 8 кладки несущей стены толщиной 380 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней производства ООО «ТД БРАЕР» на тонкошовной кладочной смеси, под нагрузкой в 10,0 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил REI175. Протокол № 20 ск/и-2023 от 15.03.2023 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец не разрушился.

Образец № 9 кладки несущей стены толщиной 380 мм, выполненной из керамических крупноформатных камней производства ООО «Винербергер Кирпич» на тонкошовной кладочной смеси, под нагрузкой в 31,25 т/п.м. Предел огнестойкости образца составил REI150. Протокол № 02 ск/и-2024 от 18.01.2024 г. испытательного центра «Огнестойкость» (ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость»). Образец не разрушился.

Образец № 10 кладки несущей стены толщиной 380 мм был выполнен из крупноформатных керамических камней производства ООО «Винербергер Кирпич» на тонкошовной кладочной смеси, под нагрузкой в 31,25 т/м стены. Предел огнестойкости составил REI150. Протокол № 02 ск/и-2024 от 18.01.2024 г. испытательного центра «Огнестойкость».

Схема расстановки термопар на образце показана на рис. 1. Схема нагружения образца статической нагрузкой перед огневыми испытаниями показана на рис. 2.

При проведении экспериментальных испытаний нагрузка не превышала 15–20 % от разрушающей нагрузки на кладку.

Всего было испытано 10 образцов несущих и ненесущих стен.

На рис. 3 представлен общий вид образца кладки с расставленными термопарами. На рис. 4 представлен керамический камень марки Porotherm 38 Thermo производства ООО «Винербергер Кирпич».

Кривые изменения температуры в печи и на необогреваемой поверхности, а также вертикальные деформации опытных образцов показаны на рис. 5–7. Разрушение панели из крупноформатных керамических камней на тонкошовном растворе (образец № 10) показано на рис. 8.

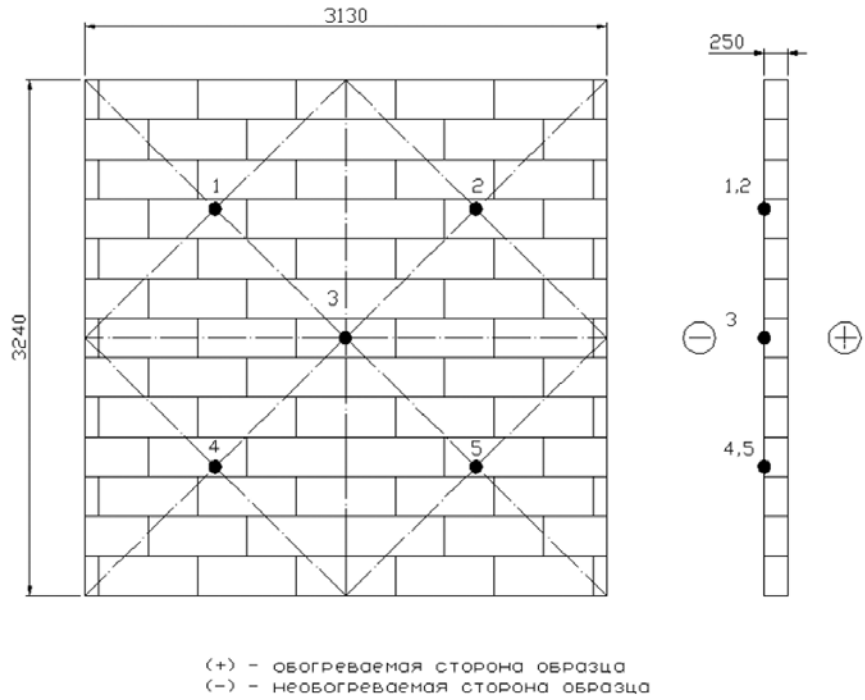

Рис. 1. Схема расстановки термопар на образце
Fig. 1. Scheme of thermocouple location on the sample

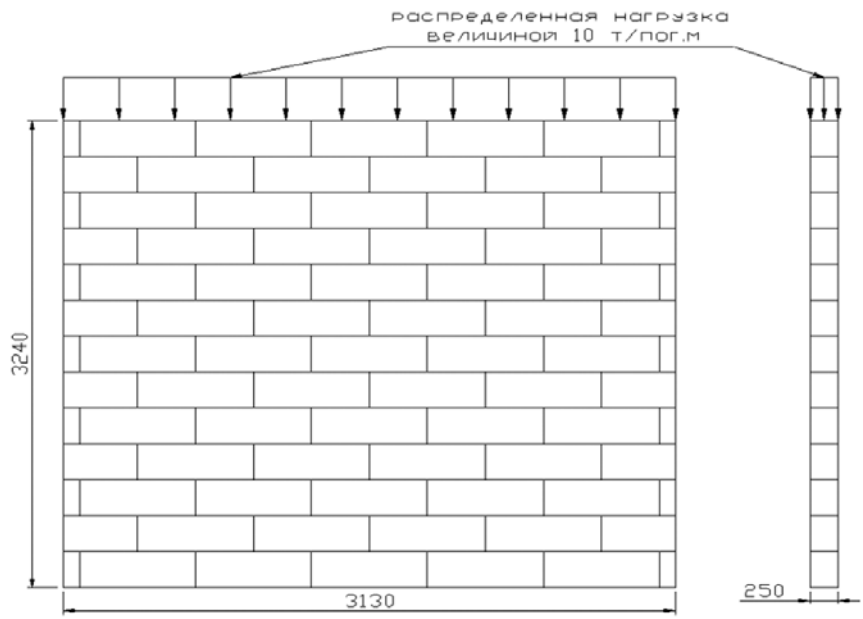

Рис. 2. Схема нагружения образца
Fig. 2. Sample loading scheme

Рис. 3. Общий вид конструкции образца кладки из крупноформатных керамических камней перед испытанием
Fig. 3. General view of a masonry sample made of large ceramic blocks before testing

Рис. 4. Камень керамический поризованный пазогребневый марки Porotherm 38 Thermo
Fig. 4. Porotherm 38 Thermo porous groove ceramic block

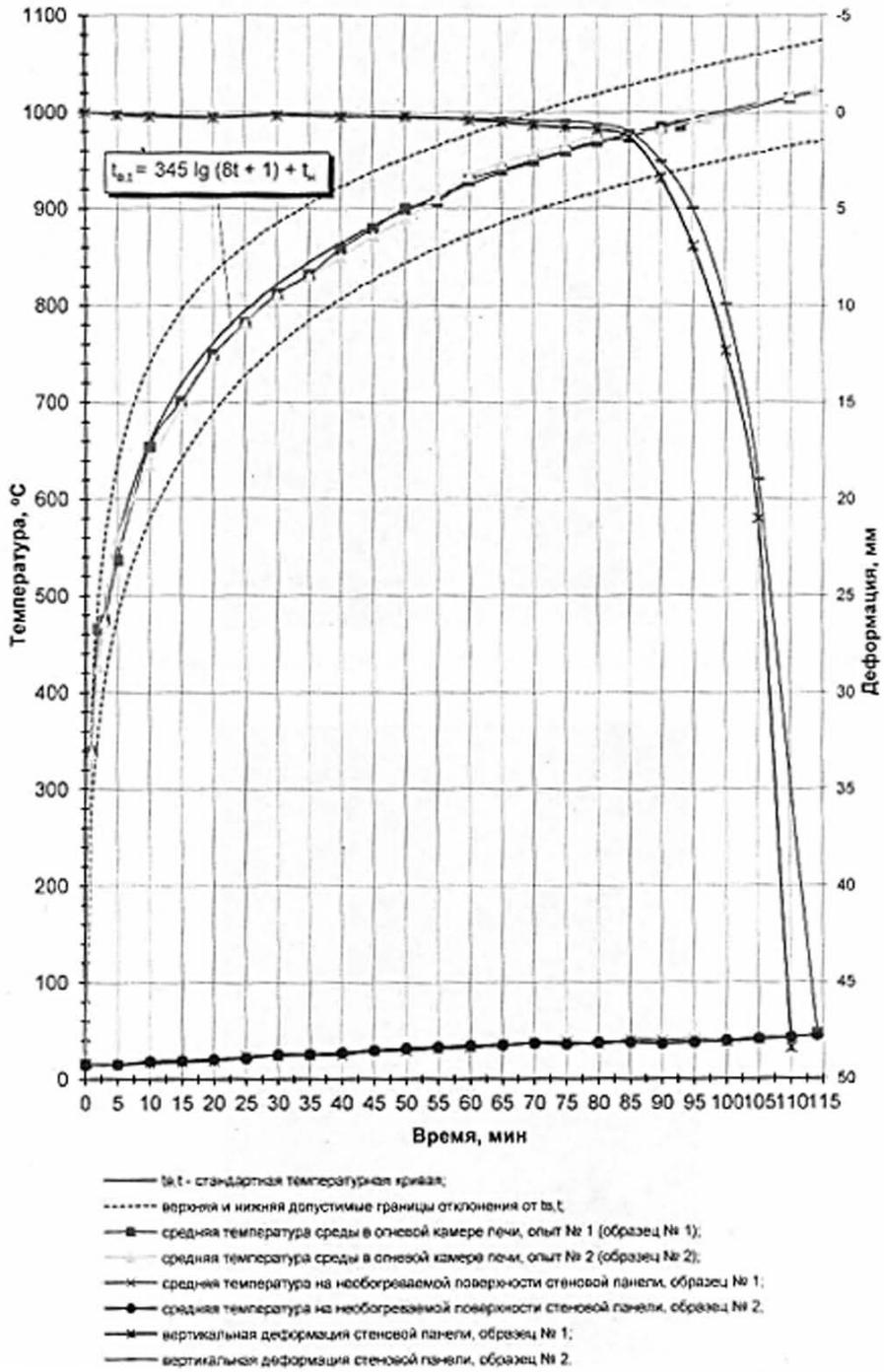

Рис. 5. Кривые изменения температуры и вертикальных деформаций опытного образца № 1
Fig. 5. Temperature and vertical deformation curves of experimental sample No. 1

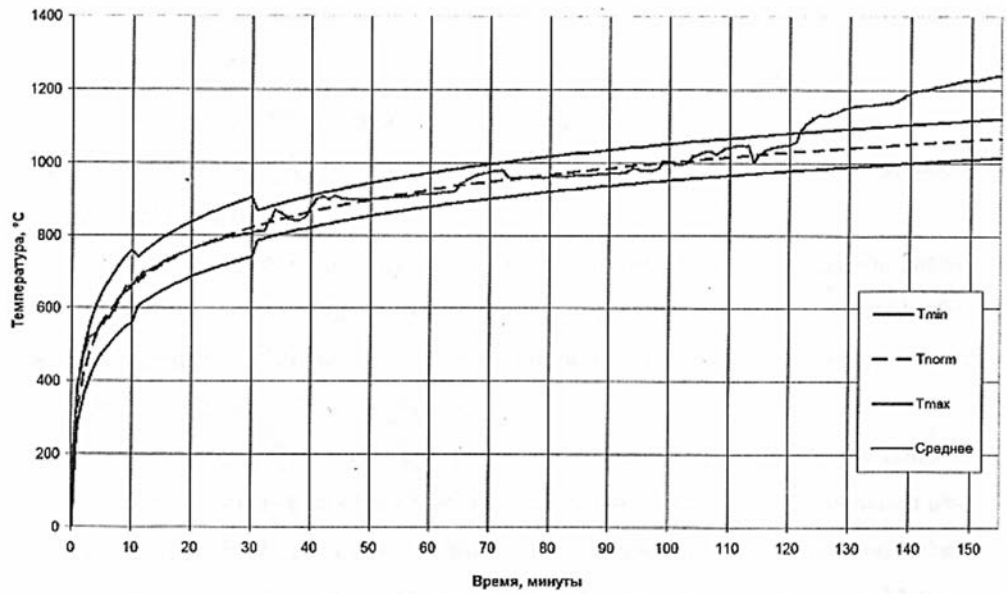

Рис. 6. Изменение температуры в печи при испытании образца № 1
Fig. 6. Temperature change in the furnace during testing sample No. 1

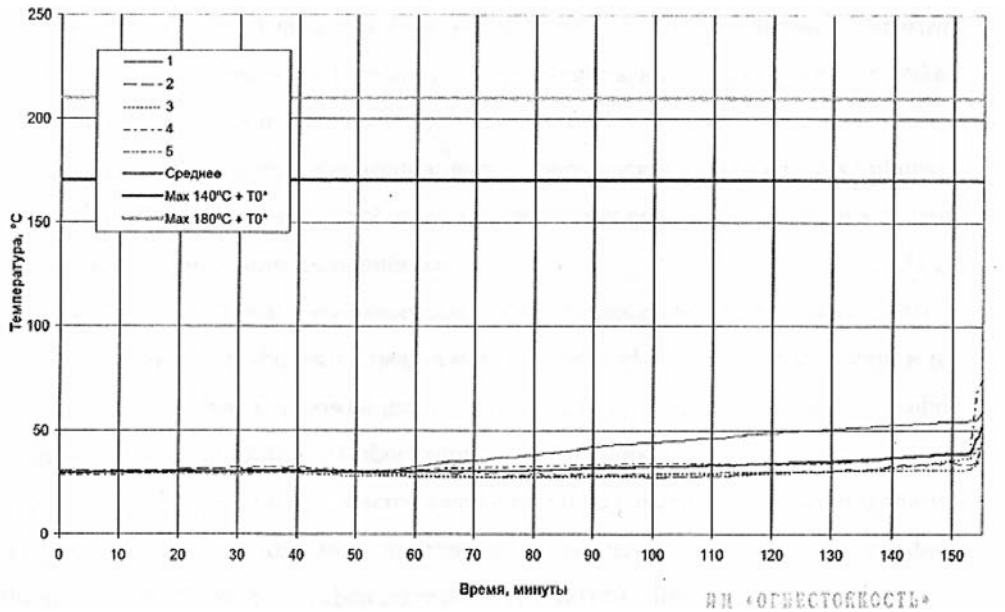

Рис. 7. Изменение температуры на необогреваемой поверхности образца № 10 при проведении испытания
Fig. 7. Temperature change on the unheated surface of sample No. 10 during testing

Рис. 8. Разрушение образца кладки из крупноформатных керамических камней
Fig. 8. Destruction of a masonry sample made of large ceramic blocks

Проведенные исследования и анализ выполненных работ показали, что низкий предел огнестойкости имеет тонкошовная кладка и кладка на двухкомпонентных полиуретановых клеях. Причиной снижения предела огнестойкости является фактор конвекции теплового потока по высоте, так как клеи и растворы для тонкошовной кладки не перекрывают пустоты камня.

Заключение

По результатам проведенных экспериментальных исследований, а также на основании анализа работ, выполненных российскими и зарубежными специалистами, могут быть сделаны следующие выводы и рекомендации по повышению огнестойкости кладки из крупноформатных керамических камней пустотностью до 57%.

1. Крупноформатные керамические камни относятся к негорючим материалам (НГ).

2. Несущие конструкции кладки из крупноформатных керамических камней должны быть запроектированы и возведены таким образом, чтобы они сохраняли несущую способность в течение соответствующей продолжительности воздействия пожара.

3. Ограждающие конструкции из кладки пожарных секций (отсеков), включая стыки, должны быть запроектированы и изготовлены таким образом, чтобы они сохраняли свою ограждающую способность в течение соответствующей продолжительности воздействия пожара, т. е.:

– температура на необогреваемой стороне не должна превышать заданных пределов;

– конструкции должны противостоять механическому удару в соответствии с проектными требованиями;

– тепловое излучение с необогреваемой стороны должно быть ограничено в соответствии с проектными требованиями.

4. Несущие и ограждающие конструкции следует рассчитывать с учетом их деформативности при повышенных температурах и применять соответствующие мероприятия.

5. Класс пожарной опасности конструкций из крупноформатных керамических камней по критериям оценки ГОСТ 30403-2012 [1] соответствует К0.

6. Предел огнестойкости кладки из крупноформатных керамических камней зависит от следующих факторов:

– типа кладочных изделий – формы пустот (прямоугольные, ромбовидные и т. п.), процента пустотности, толщины наружных внутренних стенок камня;

– типа применяемых растворов – растворы общего назначения (сложные), растворы для тонкослойной кладки, легкие растворы;

– величины нагрузки и несущей способности стены.

7. При проектировании зданий из крупноформатных керамических камней необходимо учитывать следующие факторы:

– при повышении напряжений в кладке из крупноформатных керамических камней ее предел огнестойкости снижается значительно больше, чем в кладке из полнотелых изделий или изделий с небольшой пустотностью;

– предел огнестойкости кладки из крупноформатных керамических камней зависит от толщины стены. При уменьшении толщины стены огнестойкость кладки снижается как по теплоизолирующей способности (I), так и по несущей способности (R);

– при проектировании несущих конструкций с применением кладки из крупноформатных керамических камней на двухкомпонентном полиуретановом клее или тонкошовном растворе необходимо предусмотреть мероприятия по повышению огнестойкости кладки.

Список литературы

1. ГОСТ 30403-2012. Конструкции строительные. Метод испытания на пожарную опасность. Москва: Стандартинформ; 2014.

2. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [интернет]. Режим доступа: https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-30122009-n-384-fz-tekhnicheskii/.

3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [интернет]. Режим доступа: https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovanijah-pozharnoj-bezopasnosti/.

4. EN 1996-1-2:2005. Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-2: General rules. Calculation of structures in case of fire [internet]. Available at: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1996.1.2.2005.pdf.

5. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ; 2013.
6. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. Москва: ИПК Издательство стандартов; 1995.
7. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. Москва: ИПК Издательство стандартов; 1996.
8. СТ СЭВ 383-87. Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения. Магдебург. 1987 [интернет]. Режим доступа: https://ru-bezh.ru/uploads/instrukcii/gost/%D0%A1%D0%A2%20%D0%A1%D0%AD%D0%92%20%20383-87.pdf.
9. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями № 1, 2) [интернет]. Режим доступа: https://www.rgk-group.ru/upload/iblock/692/download%20(4).pdf.
10. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. Москва: Стандартинформ; 2021.
11. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80). Москва: Стройиздат; 1985.
12. EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6: Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures [internet]. Available at: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1996.1.1.2005.pdf.
13. *Ройтман В.М.* Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. Москва: Пожнаука; 2001.
14. *Зайцев А.М., Грошев М.Д.* Огнестойкость и огнезащита строительных конструкций. 2-е изд. Воронеж: Воронежский ГАСУ; 2016.
15. *Романенков И.Г., Левитес Ф.А.* Огнезащита строительных конструкций. Москва: Стройиздат; 1991.

References

1. State Standard 30403-2012. Building structures. Fire hazard test method. Moscow: Standartinform Publ.; 2014. (In Russian).
2. Federal Law of 30.12.2009 No. 384-FZ "Technical regulations on the safety of buildings and structures" [internet]. Available at: https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-30122009-n-384-fz-tekhnicheskii/. (In Russian).
3. Federal Law of 22.07.2008 No. 123-FZ "Technical regulations on fire safety requirements" [internet]. Available at: https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovanijah-pozharnoj-bezopasnosti/. (In Russian).
4. EN 1996-1-2:2005. Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-2: General rules. Calculation of structures in case of fire [internet]. Available at: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1996.1.2.2005.pdf.
5. State Standard 530-2012. Ceramic brick and stone. General specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2013. (In Russian).
6. State Standard 30247.1-94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. Loadbearing and separating constructions. Moscow: Publishing House of Standards; 1995. (In Russian).
7. State Standard 30247.0-94. Elements of building constructions fire-resistance test methods. General requlrements. Moscow: Publishing House of Standards; 1994. (In Russian).
8. ST SEV 383-87. Fire safety in construction. Terms and definitions. Magdeburg. 1987 [internet]. Available at: https://ru-bezh.ru/uploads/instrukcii/gost/%D0%A1%D0%A2%20%D0%A1%D0%AD%D0%92%20%20383-87.pdf. (In Russian).
9. SNiP 21-01-97*. Fire safety of buildings and works (with Amendments No. 1, 2) [internet]. Available at: https://www.rgk-group.ru/upload/iblock/692/download%20(4).pdf. (In Russian).

10. SP 15.13330.2020. Masonry and reinforced masonry structures. Updated version of SNiP II-22-81*. Moscow: Standartinform Publ., 2021. (In Russian).
11. TSNIISK named after Koucherenko of the USSR Gosstroy. Manual for determining fire resistance limits of structures, fire propagation limits for structures and flammability groups of materials (to SNiP II-2-80). Moscow: Stroyizdat Publ.; 1985. (In Russian).
12. EN 1996-1-1:2005. Eurocode 6: Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures [internet]. Available at: https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1996.1.1.2005.pdf.
13. *Roytman V.M.* Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings. Moscow: Pozhnauka Publ.; 2001. (In Russian).
14. *Zaitsev A.M., Groshev M.D.* Fire resistance and fire protection of building structures. 2nd ed. Voronezh: Voronezh GASU; 2016. (In Russian).
15. *Romanenkov I.G., Levites F.A.* Fire protection of building structures. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1991. (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), Laboratory 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: 1701088@mail.ru
tel.: +7 (499) 170-10-59

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

Ольга Сергеевна Чигрина, заведующий сектором лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: schigrin@mail.ru
тел.: +7 (903) 172-98-97
Olga S. Chigrina, Sectoral 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: schigrin@mail.ru
tel.: +7 (903) 172-98-97

Максим Игоревич Клейменов, руководитель, ИЦ «Огнестойкость», Москва
e-mail: maxim@tsniiskfire.com
тел.: +7 (926) 529-20-67
Maxim I. Kleimenov, Director, Fire Resistance Testing Center, Moscow
e-mail: maxim@tsniiskfire.com
tel.: +7 (926) 529-20-67

Алексей Эдуардович Худайнатов, генеральный директор, ООО «ТД БРАЕР», Москва
e-mail: logvinov@braer.ru
тел.: +7 (915) 368-36-60
Alexey E. Khudainatov, General Director, TH BRAER LLC, Moscow
e-mail: logvinov@braer.ru
tel.: +7 (915) 368-36-60

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author