

ПРОЧНОСТЬ КЛАДКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО ШЛИФОВАННОГО И НЕШЛИФОВАННОГО КИРПИЧА (СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКИХ И ЕВРОПЕЙСКИХ НОРМ)

О.И. ПОНОМАРЕВ¹, канд. техн. наук

М.А. МУХИН¹

О.С. ЧИГРИНА¹

А.Ю. ДОЗОРОВА^{1,✉}

С.И. СМИРНОВ²

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 ООО «Винербергер Кирпич», ул. Русаковская, д. 13, г. Москва, 107140, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В последние годы большое внимание уделяется вопросам сокращения трудозатрат и повышения надежности результатов испытаний кладочных керамических стеновых изделий (кирпича, камня и блоков). В работе отмечается, что при определении предела прочности кладки выравнивание опорных поверхностей кирпича выполняется раствором, а при выравнивании опорных поверхностей шлифованием предел прочности кладки искусственно завышается не менее чем на одну марку. Для повышения надежности выводимых зданий и сооружений в примечании 1 к таблице 6.1 СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» дано указание о необходимости введения соответствующих поправочных коэффициентов при определении прочности кладки. В предыдущей редакции СП значения понижающих коэффициентов были приняты без соответствующих обоснований.

Цель. Обоснование снижения расчетных сопротивлений сжатию кладки из керамического кирпича пластического формования (при определении его прочности при сжатии со шлифованием опорных поверхностей) в целях повышения надежности возводимых зданий и сооружений.

Материалы и методы. Сравнение нормативных и расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пластического формования на традиционном растворе по нормам РФ, а также Великобритании, Германии, на основании которых разработаны европейские нормы.

Результаты. Проведенное при выполнении данной работы сравнение норм Великобритании, Германии и России показало, что расчетные значения прочности кладки в нормах европейских стран меньше, чем в нормах РФ за счет более высоких коэффициентов запаса.

Выводы. Снижение расчетной прочности на сжатие кладки из керамического кирпича пластического формования на 10% (при шлифовании опорных поверхностей для определения прочности на сжатие) признано обоснованным.

Ключевые слова: керамический кирпич, шлифование, сжатие, класс, марка, опорная поверхность, нормативная прочность, расчетная прочность, кирпич пластического формования

Для цитирования: Пономарев О.И., Мухин М.А., Чигрина О.С., Дозорова А.Ю., Смирнов С.И. Прочность кладки из керамического шлифованного и нешлифованного кирпича (сравнение российских и европейских норм). Вестник НИЦ «Строительство». 2024;42(3):95–110. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3\(42\)-95-110](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3(42)-95-110)

Вклад авторов

Пономарев О.И., Смирнов С.И. – введение, анализ результатов исследований, выводы.
Мухин М.А., Чигрина О.С., Дозорова А.Ю. – проведение экспериментальных исследований, корректировка статьи.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 26.06.2024

Поступила после рецензирования 08.07.2024

Принята к публикации 11.07.2024

STRENGTH OF MASONRY MADE OF CERAMIC BRICK WITH GROUND AND UNGROUND SURFACES (COMPARISON OF RUSSIAN AND EUROPEAN NORMS)

O.I. PONOMAREV¹, Cand. Sci. (Engineering)

M.A. MUKHIN¹

O.S. CHIGRINA¹

A.Yu. DOZOROVA¹,✉

S.I. SMIRNOV²

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

² *LLC Wienerberger, Rusakovskaya St., 13, Moscow, 107140, Russian Federation*

Abstract

Introduction. In recent years, much attention has been paid to the issues of reducing labor costs and increasing the reliability of test results of masonry ceramic wall products (brick, stone, and blocks). It is noted that when determining the masonry strength limit, the levelling of brick support surfaces is performed with mortar. However, when levelling the support surfaces by grinding, the masonry strength limit is artificially overestimated by at least one grade. In order to increase the reliability of erected buildings and structures, Note 1 to Table 6.1 of SP 15.13330.2020 "Masonry and reinforced masonry structures" gives an indication of the need to introduce appropriate correction factors in determining the strength of masonry. In the previous version of the SP, the values of reduction factors were adopted without appropriate justifications.

Aim. To justify reduction of design compression resistance of masonry made of ceramic soft-mud brick (when determining its compressive strength with grinding of supporting surfaces) in order to increase the reliability of erected buildings and structures.

Materials and methods. Comparison of normative and calculated values of the strength of masonry made of ceramic soft-mud brick on conventional mortar according to the norms of the Russian Federation, as well as Britain and Germany, on the basis of which the European norms have been developed.

Results. The conducted comparison of British, German, and Russian norms showed that the calculated values of masonry strength given in the norms of European countries are lower than those in the norms of the Russian Federation due to higher safety factors.

Conclusions. The decrease in the design compressive strength of masonry made of ceramic soft-mud brick by 10 % (when grinding the supporting surfaces to determine the compressive strength) is recognized as reasonable.

Keywords: ceramic brick, grinding, compression, class, grade, support surface, standard strength, design strength, soft-mud brick

For citation: Ponomarev O.I., Mukhin M.A., Chigrina O.S., Dozorova A.Yu., Smirnov S.I. Strength of masonry made of ceramic brick with ground and unground surfaces (comparison of Russian and European norms). *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2024;42(3):95–110. [In Russian]. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3\(42\)-95-110](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3(42)-95-110)

Authors contribution statement

Ponomarev O.I., Smirnov S.I. – introduction, analysis of research results, conclusions.
Mukhin M.A., Chigrina O.S., Dozorova A.Yu. – experimental studies, article revision.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 26.06.2024

Received 08.07.2024

Accepted 11.07.2024

Введение

В последние годы большое внимание уделяется вопросам сокращения трудозатрат и повышения надежности результатов испытаний кладочных керамических стеновых изделий (кирпича, камня и блоков).

В частности, большое внимание уделяется оценке эффективности применения метода шлифования нагружаемой поверхности при определении прочности кладочных керамических изделий на сжатие.

В этих целях в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» были проведены сравнительные исследования прочности керамических изделий, испытанных традиционным методом (с выравниванием опорных поверхностей образцов раствором) и методом с выравниванием опорных поверхностей шлифованием.

Результаты испытаний показывают, что в случае полнотелых изделий или изделий с небольшой пустотностью прочность образцов при сжатии, отобранных из одной и той же партии, отличается на 1–2 марки (в пользу шлифованных изделий).

При этом прочность образцов имела небольшой разброс и, как было уже отмечено, превышала прочность образцов, опорные поверхности которых выравнивались раствором, не менее чем на одну марку.

В связи с этим в табл. 6.1 СП 15.13330.2020 [1] в примечании 1 сделано указание, что при определении расчетного сопротивления сжатию кладки марки керамического кирпича и камня пластического формования принимаются по результатам испытаний образцов с выравниванием опорных поверхностей раствором. При других способах выравнивания опорных поверхностей марка (прочность) кирпича или камня, приведенная в указанной таблице, принимается с учетом коэффициента перехода K в соответствии ГОСТ Р 58527-2019 [2].

Анализ результатов испытаний

Отметим, что по результатам испытаний наибольшая прочность кладочных изделий получена при выравнивании опорных (нагружаемых) поверхностей методом шлифования «насухо» (рис. 1а). Этот факт указан профессором Л.И. Онищиком. В частности, в его монографии «Каменные конструкции» [3] указано, что наибольшая прочность достигается при кладке кирпича «насухо» при тщательно отшлифованных поверхностях (и стыках, рис. 1б). Однако такой метод возведения кладки неприемлем в связи с большой трудоемкостью обеспечения качественной перевязки кладочных изделий (кирпича или камня). Поэтому на практике в случае применения шлифованных керамических изделий, а также силикатных и ячеистобетонных изделий кладка возводится с применением тонкого слоя раствора и клеевых составов, позволяющих значительно снизить концентрацию напряжений в кладочных изделиях в зоне перевязки.

При испытаниях на сжатие кладочных стеновых материалов – кирпича, камня, растворных кубиков, напряженно-деформированное состояние (НДС) испытываемых образцов аналогично НДС бетонных кубиков при их испытании на сжатие.

Следует отметить, что внедрение шлифования при испытании бетонных кубиков в конце 70-х годов XX века также проходило со значительными трудностями. Но в настоящее время этот метод используется в стандартах по определению прочности бетона.

В ГОСТ 10180-2012 [4] подобно изложены требования как к проведению испытаний, так и к размерам, форме, количеству и подготовке испытываемых образцов. В приложении Е приведены примеры удовлетворительных и неудовлетворительных разрушений образцов (рис. 2).

В п. 7.2.4 [4] указано, что в случае разрушения образца по одной из неудовлетворительных схем результат испытаний не учитывается.

Аналогичная картина разрушения имеет место при испытании образцов кладочных изделий, в том числе керамического кирпича и камней пластического формования.

Примеры разрушения образцов кирпича показаны на рис. 3.

Анализируя НДС испытываемых образцов, следует отметить, что при испытании образцов на сжатие продольным деформациям всегда сопутствуют поперечные деформации. При шлифованных опорных поверхностях поперечные деформации испытываемых образцов меньше за счет сил трения между плитой пресса и образцами, поэтому разрушающая нагрузка будет больше (рис. 4а). А при испытании образцов с выравниванием опорных

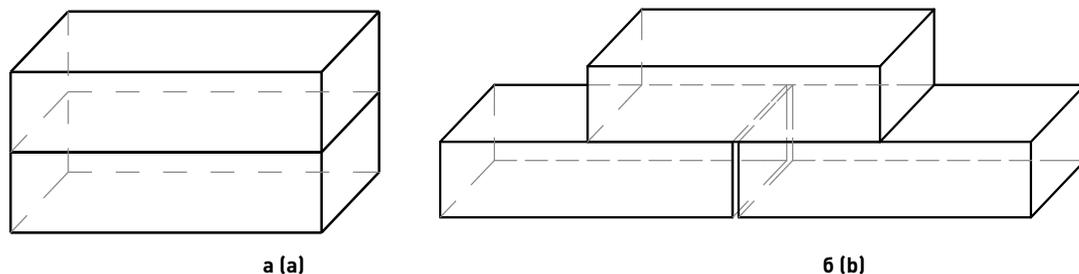


Рис. 1. Кладка «насухо» при выравнивании опорных поверхностей методом шлифования: а – фрагмент кладки без перевязки; б – фрагмент кладки с перевязкой

Fig. 1. Dry-brick building when leveling brick support surfaces by grinding: a – masonry fragment without dressing; b – masonry fragment with dressing

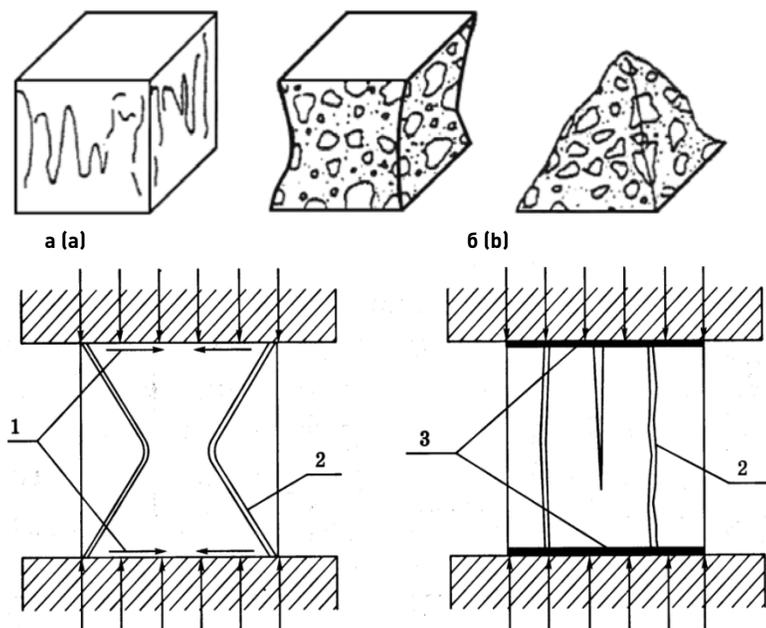


Рис. 2. Характер разрушения бетонных кубов при испытаниях на сжатие при различных коэффициентах трения по опорным поверхностям: *a* – при наличии трения по опорным поверхностям; *b* – при отсутствии трения по опорным поверхностям; 1 – силы трения; 2 – характер разрушения; 3 – смазка

Fig. 2. Failure character of concrete cubes during compression tests at different friction coefficients on supporting surfaces: *a* – in the presence of friction on supporting surfaces; *b* – in the absence of friction on supporting surfaces; 1 – friction forces; 2 – fracture character; 3 – lubrication



Рис. 3. Характер разрушения образцов кладочных изделий в прессе
Fig. 3. Fracture pattern of masonry specimens in the press

поверхностей раствором разрушающие нагрузки будут меньше, чем при испытании шлифованных образцов (без раствора), так как силы трения между плитой пресса и поверхностью образцов будут меньше при деформируемом слое раствора (рис. 4б).

В целях снижения трудозатрат и разброса в результатах испытаний в странах ЕС при определении прочности керамического кирпича или камня несколько лет назад в качестве основного был принят метод шлифования опорных поверхностей, а в качестве альтернативного – метод выравнивания опорных поверхностей раствором марки М300 или выше.

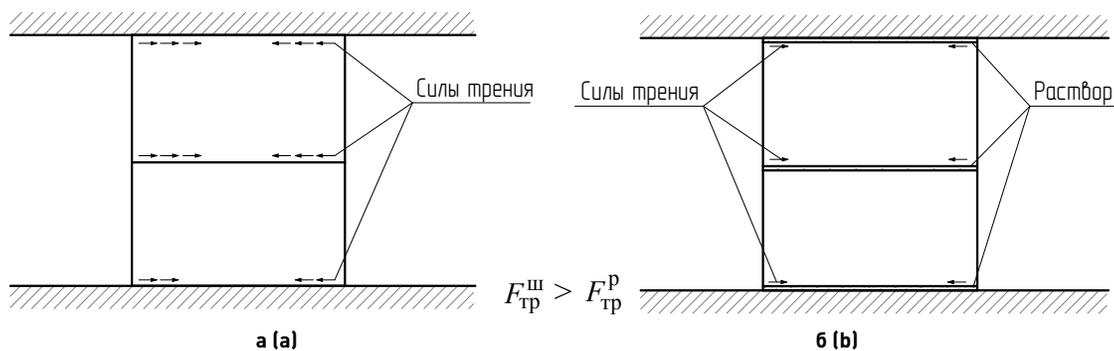


Рис. 4. Схема испытания кирпича на сжатие, где $F_{тр}^{ш}$ – силы трения в зоне шлифованных поверхностей, $F_{тр}^p$ – сила трения на границе кирпича и растворного шва: *a* – образец со шлифованными поверхностями; *b* – образец с растворным швом

Fig. 4. Brick compression test scheme, where $F_{тр}^{ш}$ – friction forces in the area of ground surfaces, $F_{тр}^p$ – friction force at the brick and mortar joint boundary: *a* – sample with ground surfaces; *b* – sample with mortar joint

Такой подход к испытанию прочности кирпича на сжатие, безусловно, может быть использован. Однако его применение в каждой стране должно быть обосновано. В национальных нормах и стандартах должна быть внесена соответствующая корректировка.

Если прочность кирпича искусственно завышается, то в целях обеспечения (сохранения) надежности возводимых конструкций расчетная прочность кладки должна быть уменьшена.

В частности, в российских нормах прочность кладки определяется по формуле (1) профессора Л. И. Онищика:

$$R_k = A \times R_1 \times \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2 \times R_1}} \right) \times \gamma, \tag{1}$$

где R_k – предел прочности кладки при сжатии;

A – конструктивный коэффициент (безразмерный), зависящий от прочности и вида камня;

R_1 и R_2 – соответственно пределы прочности камня и раствора при сжатии;

a и b – эмпирические безразмерные коэффициенты, зависящие от вида кладки;

γ – поправочный коэффициент для кладок на растворах низких марок.

В этой формуле было предусмотрено определение прочности кирпича R_1 в соответствии с требованиями ГОСТ 8462-85 [5] на образцах, изготовленных из двух половинок или из двух целых кирпичей на растворе заданной рецептуры (приложение 2 [5]): цемент М400; песок, просеянный через сито с сеткой № 1,25; (В/Ц = 0,40–0,42).

При такой рецептуре прочность раствора соответствует М150–М200 при выдерживании образцов при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 3 суток.

Следует отметить, что все методы испытаний условны. В кладке кирпич находится в других условиях, чем при испытаниях в прессе. В кладке кирпич «обжат». Использование метода выравнивания опорных поверхностей раствором было принято в целях максимального приближения условий испытаний образцов к работе кладочных материалов в конструкциях зданий.

Полученные с использованием формулы (1) расчетные сопротивления прочности кладки (при различных значениях прочности кирпича, камня, блоков и раствора) приведены

в табл. 6.1 – 6.10 СП 15.13330.2020 [1] для разных видов кладочных стеновых изделий. В частности, для керамического кирпича пластического формования пустотностью до 27% расчетные сопротивления кладки указаны в табл. 6.1 [1].

В настоящее время в целях гармонизации российских и европейских нормативных документов и стандартов в изменениях к ГОСТ Р 58527-2019 [2] (взамен ГОСТ 8462-85 [5]) требуется при подготовке раствора для изготовления образцов для определения прочности при сжатии кирпича и камня применять повышенную марку цемента – М500 (вместо М400), что соответственно увеличивает марку раствора, склеивающего образцы, до М300 и выше.

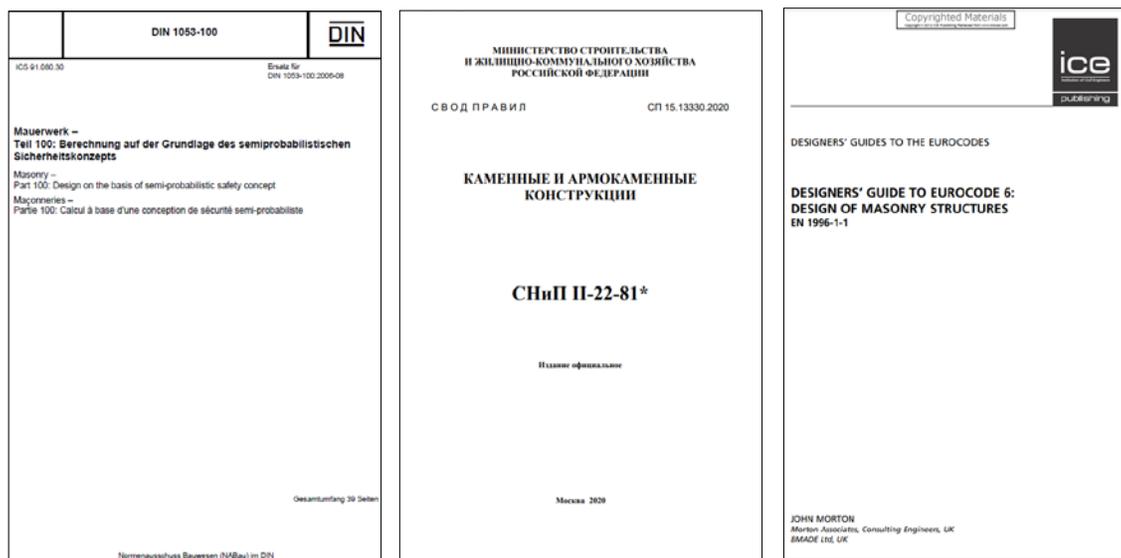
Сравнение расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пластического формования на традиционном растворе по нормам Великобритании, Германии и РФ

Сравнение прочности кладки при сжатии проведены по результатам сопоставления нормативных и расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пластического формования на тяжелых растворах (растворах общего назначения), приведенных в СП 15.13330.2020 (табл. 6.1) [1], DIN 1053-100 (табл. 4) [6], to Eurocode 6: Design of masonry structures [7] (рис. 5).

При сравнении были учтены следующие факторы.

Необходимо отметить, что в нормах Великобритании указана прочность кладки на двух типах стен, приведенных на рис. 6.

На рис. 6а показана кладка стены из кирпича или камня без продольного шва – с перевязкой только в продольном направлении. На рис. 6б приведены примеры двух видов кладки стен с продольным швом – с перевязкой кладочных изделий в поперечном и продольном направлениях.



а (а)

б (б)

в (с)

Рис. 5. Нормативные документы: а – DIN 1053-100 [6]; б – СП 15.13330.2020 [1]; в – Eurocode 6 [7]
Fig. 5. Normative documents: а – DIN 1053-100 [6]; б – SP 15.13330.2020 [1]; в – Eurocode 6 [7]

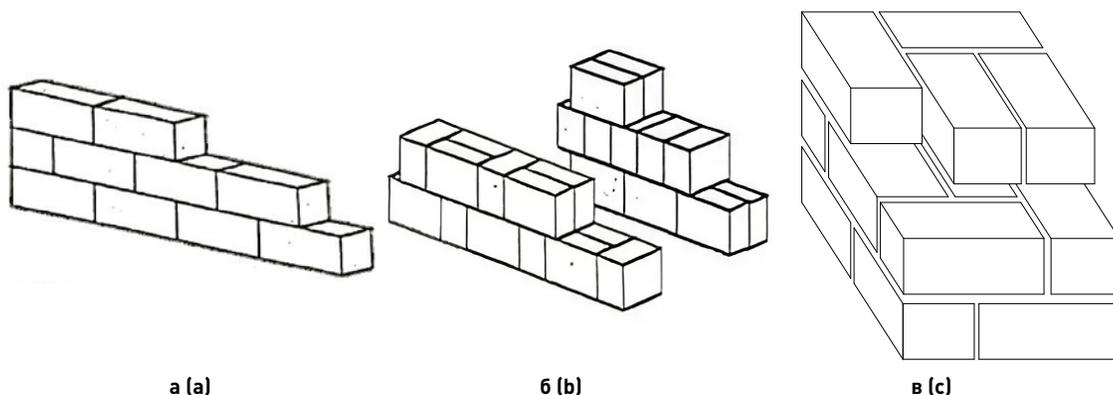


Рис. 6. Схемы кладки в соответствии с нормами Великобритании и России: а – кладка без продольного шва – с перевязкой только в продольном направлении; б – кладка с продольным швом и поперечной перевязкой; в – кладка столба
Fig. 6. Schemes of masonry in accordance with British and Russian norms: a – masonry without longitudinal joint – with dressing only in longitudinal directions; b – masonry with longitudinal joint and transverse dressing; c – masonry columns

Проведенные испытания показали, что прочностные характеристики этих кладок существенно отличаются. Прочность кладки при сжатии без продольного шва и без поперечной перевязки на 23–24 % превышает прочность кладки с продольным швом и поперечной перевязкой.

В соответствии с российскими стандартами испытания кладки на прочность проводятся на столбах с поперечной и продольной перевязкой. Сравнение результатов испытаний показало, что прочность кладки стенок без продольного шва и без поперечной перевязки превышает прочность кладки на столбах (рис. 6в) на 19–20 %.

Сравнение проведено по нормативным и расчетным значениям прочности кладки с продольным швом и поперечной перевязкой (рис. 6б, в).

Таблица 1

Стены с продольным швом: кирпичи группы 1 стандартного формата размером 65 мм (высота) × 102 мм (толщина)

Table 1

Walls with longitudinal joint: 65 mm (height) × 102 mm (thickness) standard size bricks of group 1

Обозначение марки раствора		Среднее (не нормализованное) значение прочности кирпича на сжатие, Н/мм ² , по BS EN 771-1 [8]					
в Великобритании	1996-1-1	5	10	15	20	30	40
(i)	M12	2,1	3,8	5,0	6,1	8,1	10,0
(ii)	M6	1,9	3,1	4,1	5,0	6,6	8,1
(iii)	M4	1,7	2,7	3,6	4,4	5,9	7,2
(iv)	M2	1,4	2,2	2,9	3,6	4,8	5,8

Примечание: $\delta = 0,85$, $K = 0,80 \times 0,50$, т.е. толщина стены равна длине кирпича.
 Note: $\delta = 0.85$, $K = 0.80 \times 0.50$, i.e. the wall thickness is equal to the length of the brick.

Таблица 2

Нормативные значения прочности кладки из керамического кирпича (гр. 1). Кладка без продольного шва без поперечной перевязки (рис. 6а)

Table 2

Normative values for the strength of ceramic brick masonry (Group 1). Masonry without longitudinal joints without transverse dressing (Fig. 6a)

Класс прочности кирпича/ ближайшая марка (прочность, МПа)	Стандартный кладочный раствор, Н/мм ²			
	II M2,5 (M25)	Ia M5 (M50)	III M10 (M100)	IIIa M20 (M200)
4/M50 [60,7]	2,2	2,5	2,8	
6/M75 [91,1]	2,8	3,1	3,7	
8/M100 [121,4]	3,1	3,7	4,4	
10/M150 [151,7]	3,4	4,4	5,0	
12/M200 [182,1]	3,7	5,0	5,6	6,0
16/M250 [242,8]	4,4	5,5	6,6	7,7
20/M300 [303,5]	5,0	6,0	7,5	9,4
28/M400 [424,9]	5,6	7,2	9,4	11,0
36/M500 [546,3]			11,0	12,5

Таблица 3

Нормативные значения прочности кладки из кирпича всех видов и керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм, пустотностью до 27%

Table 3

Normative values of masonry strength made of all types of brick and ceramic stone with slit-shaped vertical voids up to 12 mm wide, with voids of up to 27%

Марка кирпича или камня	Нормативные сопротивления, R, МПа, сжатию кладки из кирпича всех видов и керамических камней с щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм при высоте ряда кладки 50–150 мм на тяжелых растворах									
	при марке раствора								при прочности раствора	
	200	150	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
300	7,8	7,2	6,6	6	5,6	5	4,4	3,6	3,4	3
250	7,2	6,6	6	5,6	5	4,4	3,8	3,2	3	2,6
200	6,4	6	5,4	5	4,4	3,6	3,2	2,8	2,6	2
150	5,2	2,4	4,4	4	3,6	3	2,6	2,4	2	1,6
125	–	4,4	4	3,8	3,4	2,8	2,4	2,2	1,8	1,4
100	–	4	3,6	3,4	3	2,6	2	1,8	1,6	1,2
75	–	–	3	2,8	2,6	2,2	1,8	1,4	1,2	1
50	–	–	–	2,2	2	1,8	1,4	1,2	1	0,7
35	–	–	–	1,8	1,6	1,4	1,2	0,9	0,8	0,5

В табл. 1–3 приведены нормативные значения прочности кладки из керамического кирпича пластического формования пустотностью до 27% по нормам Великобритании, Германии и РФ.

В табл. 4–5 приведены значения коэффициента γ_M для предельного состояния по несущей способности по нормам Великобритании и Германии.

В табл. 2 (немецкие нормы) указаны значения класса кирпича по прочности и соответствующая марка.

Таблица 4

Значения γ_M для предельного состояния по несущей способности по немецким нормам

Table 4

Values of γ_M for bearing capacity limit state according to German norms

Материал		γ_M					Material		γ_M				
		Класс							Klasse				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
A	Кладка из:						A	Mauerwerk aus:					
	камней и блоков категории I на кладочном растворе по оценке пригодности ^{a)}	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5		Steinen der Kategorie I und Mörtel nach der Eignungsprüfung ^{a)}	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
B	камней и боков категории I на предписанном по рецептуре кладочном растворе ^{b)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	B	Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^{b)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
C	камней и боков категории II ^{a), b), e)}	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	C	Steinen der Kategorie II ^{a), b), e)}	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
D	Анкеровка арматурной стали	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	D	Verankerung von Bewehrungsstahl	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
E	Арматурная сталь и сталь для напряженных элементов	1,15					E	Bewehrungsstahl und Spannstahl	1,15				
F	Вспомогательные элементы ^{c), d)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	F	Ergänzungsbauteile ^{c), d)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
G	Перемычки по EN 845-2	От 1,5 до 2,5					G	Stürze nach EN 845-2	1,5 bis 2,5				
^{a)} Требования к раствору по оценке пригодности установлены в EN 998-2 и EN 1996-2. ^{b)} Требования к раствору по рецепту установлены в EN 998-2 и EN 1996-2. ^{c)} Заявленные значения являются средними значениями. ^{d)} При учете изменений прочности материала вследствие влажностных воздействий распространяется также γ_M . ^{e)} Если коэффициент вариации блоков категории II не более 25%.						^{a)} Anforderungen an Mörtel nach Eignungsbewertung sind in EN 998-2 und EN 1996-2 angegeben. ^{b)} Anforderungen an Rezepturlösung sind in EN 998-2 und EN 1996-2 angegeben. ^{c)} Deklarierte Werte sind Mittelwerte. ^{d)} Abdichtungen gegen Feuchtigkeit sind ebenfalls mit γ_M abgedeckt. ^{e)} Sofern der Variationskoeffizient der Steine nach Kategorie II nicht größer als 25 % ist.							

В табл. 3 (российские нормы) приведены нормативные значения прочности кладки, подсчитанные по формуле проф. Л. И. Онищика.

Проведенное при выполнении данной работы сравнение норм Великобритании, Германии и России показало, что расчетные значения прочности кладки в нормах европейских стран меньше, чем в нормах РФ за счет более высоких коэффициентов запаса γ_M , принятых в EN.

Таблица коэффициентов γ_M для предельного состояния по несущей способности в немецких нормах соответствует таблицам, приведенным в EN.

В нормах Великобритании даны более высокие коэффициенты запаса, а также учитывается класс контроля исполнения работ.

Таблица 5

Значения γ_M для предельного состояния по несущей способности по нормам Великобритании

Table 5

Values of γ_M for bearing capacity limit state according to British Standards

Материал	Класс контроля исполнения	
	1 *1)	2 *1)
Каменная кладка: В состоянии осевого сжатия или сжатия с изгибом: Неармированная каменная кладка, сложенная из блоков категории:		
I	2,3 *2)	2,7 *2)
II	2,6 *2)	3,0 *2)
Армированная каменная кладка, сложенная из блоков категории:		
I	2,0 *2)	*3)
II	2,3 *2)	*3)
При напряжениях изгиба блоки категории I и II		
	2,3 *2)	2,7 *2)
При напряжениях сдвига:		
Неармированная каменная кладка из блогов категории I и II		
	2,5 *2)	2,5 *2)
Армированная каменная кладка из блогов категории I и II		
	2,0 *2)	*3)
Стальные и иные элементы:		
Анкеровка стальной арматуры		
	1,5 *4)	*3)
Обычная и напрягаемая арматура		
	1,15 *4)	*3)
Вспомогательные элементы:		
Анкерные связи		
	3,5 *4)	3,5 *2)
Скобы		
	1,5 *5)	1,5 *5)
Перемиčky в соответствии со стандартом EN 845-2	См. Национальное положение к стандарту BS EN 845-2	См. Национальное положение к стандарту BS EN 845-2
Примечание		

Пояснение к таблицам

В EN, в т. ч. в нормах Великобритании и Германии (табл. 1 и 2), приняты следующие обозначения для кладочных изделий и условий эксплуатации.

- Категория 1 – кладочные изделия с декларированной и гарантированной (95%) прочностью.
- Категория 2 – кладочные изделия с декларированной, но не гарантированной прочностью.
- Группа 1 кирпича и камня керамического пустотностью до 25%.

В немецких нормах, так же, как и в EN, при определении γ_M учитывается класс окружающей среды (условия эксплуатации) – 1–5.

Приготовленный по оценке пригодности кладочный раствор учитывает требования к условиям эксплуатации. Состав и технологию изготовления такого раствора производитель подбирает таким образом, чтобы достигнуть определенных свойств и величин – в основном прочность, учитывая также паропроницаемость, морозостойкость, теплопроводность.

Кроме того, при определении прочности кладки учитывались различные размеры образцов при определении прочности раствора, используемые в российских и европейских нормах.

Приготовленный по рецептуре кладочный раствор определяется как раствор с заданными пропорциями. Свойства раствора определяют пропорциями составляющих компонентов, затем по изготовленным образцам определяют прочность раствора.

Сравнение проводится по результатам испытаний образцов с продольным швом (с поперечной перевязкой рядов кладки).

Сравнение прочности кладки по нормам РФ и Германии

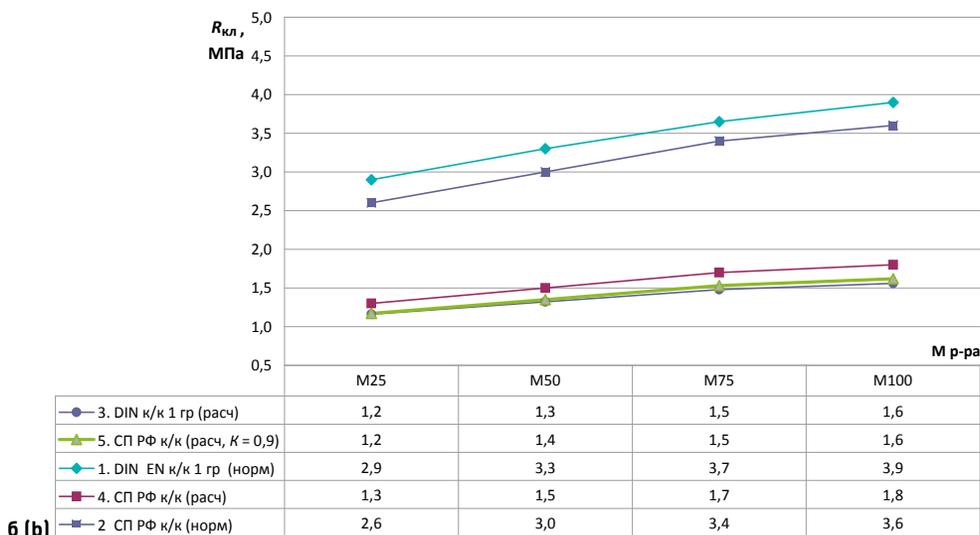
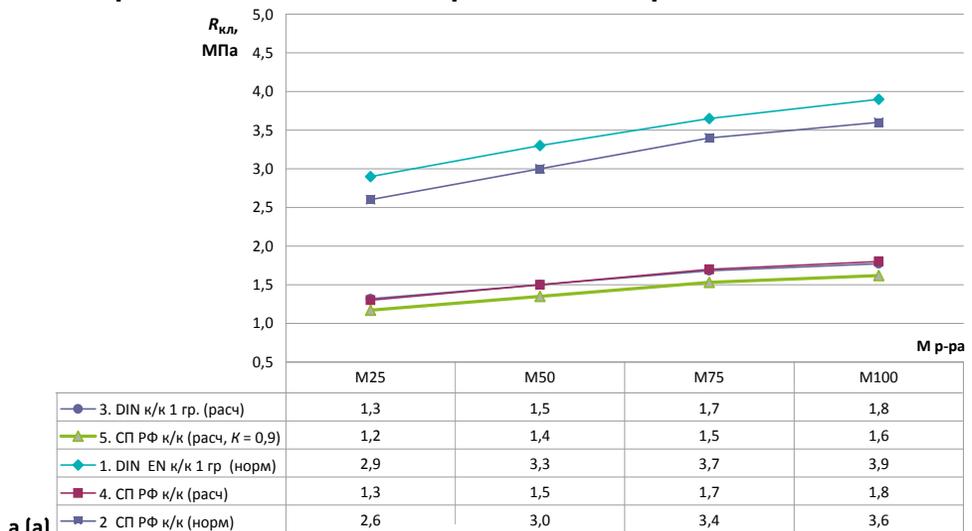


Рис. 7. а – кладочные изделия категории 1 при декларированной и гарантированной (95%) прочности; б – кладочные изделия категории 2 при декларированной, но не гарантированной прочности
Fig. 7. а – masonry products of category 1 at declared and guaranteed (95%) strength; б – masonry products of category 2 at declared but not guaranteed strength

Условные обозначения к рис. 7

1. Кривая нормативной прочности кладки из керамического кирпича 1 группы пустотностью до 25% по немецким нормам.
2. Кривая нормативной прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ.
3. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича 1 группы пустотностью до 25% по немецким нормам (коэффициент надежности 2,2, рис. 7а, 2,5 на рис. 7б).
4. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ.
5. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ с понижающим коэффициентом K = 0,9.

Сравнение прочности кладки по нормам РФ и Великобритании

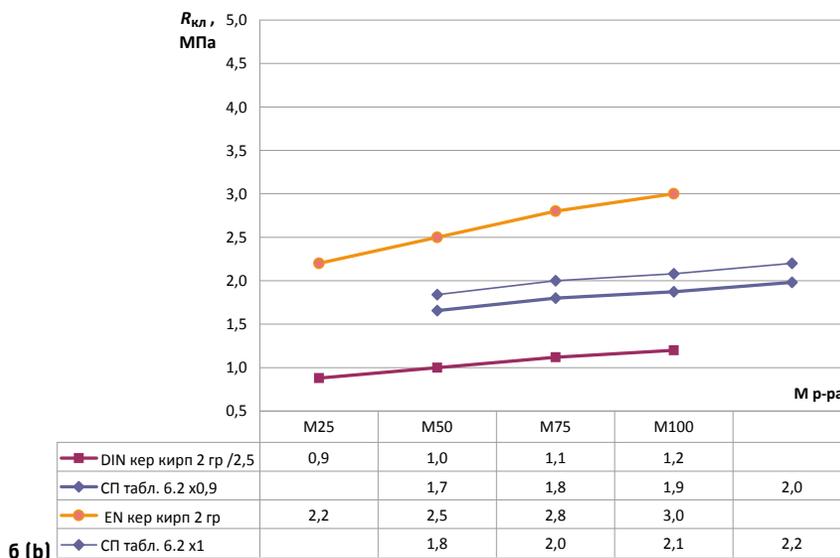
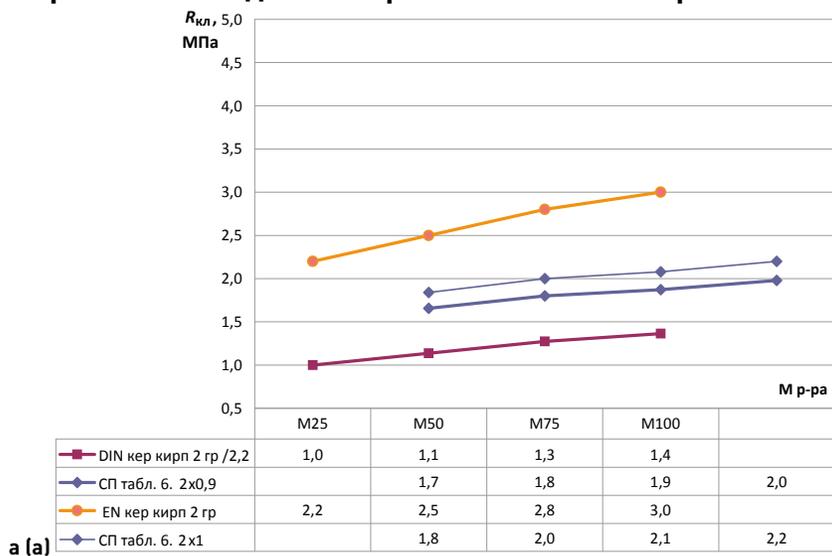


Рис. 8. а – кладочные изделия категории 1 при декларированной и гарантированной (95%) прочности; б – кладочные изделия категории 2 при декларированной, но не гарантированной прочности
Fig. 8. а – masonry products of category 1 at declared and guaranteed (95%) strength; б – masonry products of category 2 at declared but not guaranteed strength

Условные обозначения к рис. 8

1. Кривая нормативной прочности кладки из керамического кирпича 1 группы пустотностью до 25% по нормам Великобритании.
2. Кривая нормативной прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ.
3. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича 1 группы пустотностью до 25% по нормам Великобритании (коэффициент надежности 2,3, рис. 8а, 2,6 на рис. 8б).
4. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ.
5. Кривая расчетных значений прочности кладки из керамического кирпича пустотностью до 27% по нормам РФ с понижающим коэффициентом $K = 0,9$.

При построении нормативных и расчетных кривых, наглядно характеризующих изменение значений прочности кладки в зависимости от прочности кирпича и раствора по нормам Великобритании, Германии и РФ, приняты следующие положения:

– Сравнение проведено по нормативным и расчетным значениям прочности кладки с продольным швом и поперечной перевязкой кладки (рис. 7, 8).

– В нормах Великобритании приведены значения кладки с продольным швом (с поперечной перевязкой) (табл. 1). Сравнение показывает, что прочность кладки без поперечной перевязки (без продольного шва) в 1,23–1,25 раза выше прочности кладки, в которой имеется продольная и поперечная перевязки.

– При определении нормативных значений прочности кладки с продольным швом и с поперечной перевязкой по немецким нормам (табл. 2) класс кирпича по прочности пересчитан в марку.

– Проведена корректировка прочности кладки по нормам по нормам РФ, Германии и Великобритании с учетом различных размеров образцов при определении прочности раствора.

– Сравнение проведено на примере прочности кладки из керамического кирпича пластического формования М100 пустотностью до 27 %.

Заключение

На рис. 7 и 8 видно, что в нормах РФ расчетные значения прочности кладки для кладки из кирпича категории 2 (соответствующей российским нормам) с учетом коэффициентов надежности по материалу γ_M выше кривых расчетных значений прочности кладки, используемых в европейских странах (в т. ч. в нормах Германии и Великобритании).

В нормах РФ значения прочности кладки, выполненной из кирпича категории 2 (соответствующей российским стандартам), с учетом коэффициентов надежности по материалу γ_M превышают расчетные значения прочности, приведенные в европейских стандартах (в т. ч. в нормах Германии и Великобритании). В российских нормах приняты более высокие расчетные значения прочности кладки.

Принятое решение в целях повышения надежности возводимых зданий и сооружений и гармонизации российских и европейских норм и стандартов о снижении на 10% расчетных сопротивлений сжатию кладки из керамического кирпича пластического формования (при определении его прочности при сжатии со шлифованием опорных поверхностей) следует считать обоснованным.

Список литературы

1. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Москва: Минстрой России; 2020.
2. ГОСТ Р 58527-2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Москва: Стандартинформ; 2019.
3. *Онищик Л.И.* Каменные конструкции. Москва: Стройиздат; 1939.
4. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Москва: Стандартинформ; 2013.
5. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Москва: Издательство стандартов; 2001.
6. DIN 1053-100. Masonry – Part 100: Design on the basis of semi-probabilistic safety concept [internet]. Available at: <https://www.dinmedia.de/en/standard/din-1053-100/91679219>

7. EN 1996-1-1. 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>.
8. ГОСТР 57347-2016 / EN 771-1:2011. Кирпич керамический. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2017.

References

1. SP 15.13330.2020. Masonry and reinforced masonry structures. Moscow: Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation; 2020. (In Russian).
2. State Standard R 58527-2019. Wall materials. Methods for determination of ultimate compressive and bending strength. Moscow: Standartinform Publ.; 2019. (In Russian).
3. *Onishchik L.I.* Stone constructions. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1939. (In Russian).
4. State Standard 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. Moscow: Standartinform Publ.; 2013. (In Russian).
5. State Standard 8462-85. Wall materials. Methods for determination of ultimate compressive and bending strength. Moscow: Publishing House of Standards; 2001. (In Russian).
6. DIN 1053-100. Masonry – Part 100: Design on the basis of semi-probabilistic safety concept [internet]. Available at: <https://www.dinmedia.de/en/standard/din-1053-100/91679219>
7. EN 1996-1-1. 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>.
8. EN 771-1:2011. Specification for masonry units — Part 1: Clay masonry units, IDT. Moscow: Standartinform Publ.; 2017. (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

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 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: 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, Head of Sector of the 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

Александра Юрьевна Дозорова✉, инженер лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: alexderges@yandex.ru

тел.: +7 (499) 170-10-88

Alexandra Yu. Dozorova✉, Engineer of the 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: alexderges@yandex.ru

tel.: +7 (499) 170-10-88

Сергей Игоревич Смирнов, продакт-менеджер, ООО «Винербергер Кирпич», Москва

e-mail: sergey.smirnov@porotherm.ru

тел.: +7 (495) 280-33-01

Sergey I. Smirnov, Product manager, LLC "Wienerberger", Moscow

e-mail: sergey.smirnov@porotherm.ru

tel.: +7 (495) 280-33-01

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author