

УДК 69.001.5

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-82-94](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-82-94)

EDN: WOYBOY

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ИСПЫТЫВАЕМЫХ ОБРАЗЦОВ КЛАДОЧНЫХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ

О.И. ПОНОМАРЕВ¹, канд. техн. наук

Ю.Ф. ПАНЧЕНКО^{2,3}, канд. техн. наук

М.А. МУХИН¹

А.С. ВЕТКОВ¹

А.Ю. ДОЗОРОВА^{1,✉}

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 ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», ул. Володарского, д. 38, г. Тюмень, 625000, Российская Федерация

³ ООО «ВЗКГ», Вокзальная ул., д. 1, Тюменская область, Тюменский район, р.п. Винзили, 625530, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В связи с тем что в государственных стандартах, которые относятся к испытаниям кладочных керамических стеновых материалов пластического формования, в качестве основного метода был принят метод выравнивания опорных (нагружаемых) поверхностей шлифованием, проведены исследования влияния размеров испытываемых образцов кладочных изделий на их прочность при сжатии.

В статье отмечается, что влияние масштабного фактора на измеряемую прочность кирпича и камня до настоящего времени лишь частично было отражено в стандарте на методы испытаний (ГОСТ 8462 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе»). В европейском стандарте EN 772-1 «Элементы каменной кладки. Методы испытаний. Часть 1. Определение прочности на сжатие» представлены значения коэффициентов формы. По мнению российских и зарубежных специалистов, эти значения требуют корректировки, так как они не учитывают пустотность кладочных изделий и материал образца.

Цель. Оценка влияния геометрических размеров испытываемых образцов кладочных изделий, а также пустотности и других характеристик на прочность при сжатии по результатам лабораторных испытаний.

Материалы и методы. Проведение контрольных испытаний керамического и силикатного одинарного и утолщенного кирпича пустотностью до 27 %. Сравнение измеренных значений прочности изделий при сжатии для определения величины переходных коэффициентов.

Результаты. Проведенные исследования подтвердили, что принятые в EN 772-1 коэффициенты формы требуют корректировки. На основании результатов исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, сделаны выводы и даны рекомендации по учету размеров испытываемых образцов при определении их прочности.

Выводы. Проведенные исследования и анализ результатов экспериментов показали, что для повышения точности определения прочности испытываемых образцов с учетом их формы и пустотности необходимо иметь несколько таблиц с коэффициентами формы.

В настоящее время до получения достоверных данных о влиянии на результаты испытаний пустотности кладочных материалов целесообразно учитывать только высоту образца (учет «продольного изгиба»).

Ключевые слова: керамический кирпич, силикатный кирпич, коэффициент формы, прочность на сжатие

Для цитирования: Пономарев О.И., Панченко Ю.Ф., Мухин М.А., Ветков А.С., Дозорова А.Ю. Влияние размеров испытываемых образцов кладочных стеновых изделий на их прочность при сжатии. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;39(4):82–94. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-82-94](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-82-94)

Вклад авторов

Пономарев О.И. – введение, анализ результатов исследований, выводы.

Панченко Ю.Ф. – экспериментальные исследования ООО «ВЗКГ».

Мухин М.А., Ветков А.С. – экспериментальные исследования ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Дозорова А.Ю. – корректура статьи.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ между АО «НИЦ «Строительство» и ФАУ «ФЦС».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 15.11.2023

Поступила после рецензирования 30.11.2023

Принята к публикации 07.12.2023

EFFECTS OF SAMPLE DIMENSIONS IN COMPRESSIVE STRENGTH TESTS OF MASONRY WALL PRODUCTS

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

Yu.F. PANCHENKO^{2,3}, Cand. Sci. (Engineering)

M.A. MUKHIN¹

A.S. VETKOV¹

A.Yu. DOZOROVA¹,✉

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 Tyumen Industrial University, Volodarskogo str., 38, Tyumen, 625000, Russian Federation

³ VZKG LLC, Vokzal'naya str., 1, Vinzili, 625530, Russian Federation

Abstract

Introduction. State standards for testing ceramic masonry wall materials of plastic molding establish grinding as the main method of smoothening supporting (loaded) surfaces. Therefore, studies were conducted on the effect of sample dimensions on the compressive strength of tested masonry products. The effect of a scale factor on the measured strength of brick and stone has so far been only partially reflected in the standard for test methods (GOST 8462 “Wall materials. Methods for determining compressive and bending strength”). According to both Russian and foreign specialists, shape factors values, provided in EN 772-1 European standard “Methods of test for masonry units. Part 1. Determination of compressive strength” need to be adjusted as they do not take into account the void ratio of masonry products and the sample material type.

Aim. To assess the effects, caused by the geometric dimensions of masonry product samples, as well as the void ratio and other characteristics, on compressive strength according to the results of laboratory tests.

Materials and methods. As a result of conducted control tests of ceramic and silicate single and thickened bricks with a void ratio of up to 27 %, measured values of product compression strength were compared to determine the value of transition coefficients.

Results. The performed studies confirmed the shape coefficients, adopted in EN 772-1, to require an adjustment. Based on the results of studies, conducted in Russia and abroad, conclusions and recommendations were made to take into account the dimensions of tested samples during strength tests.

Conclusion. Performed studies and analysis of experimental results have demonstrated that in order to increase the accuracy of determining the strength of test samples, taking into account their shape and void ratio, it is necessary to have several tables with shape factors. Currently, until reliable data about the void ratio effect of the masonry material on test results are obtained, it is advisable to take into account only the height of the sample ("longitudinal bending").

Keywords: ceramic brick, silicate brick, shape factor, compressive strength

For citation: Ponomarev O.I., Panchenko Yu.F., Mukhin M.A., Vetkov A.S., Dozorova A.Yu. Effects of sample dimensions in compressive strength tests of masonry wall products. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;39(4):82–94. [In Russian]. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4\(39\)-82-94](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-4(39)-82-94)

Author contribution statements

Ponomarev O.I. – introduction, analysis of research results, conclusions.

Panchenko Yu.F. – experimental studies of VZKG LLC.

Mukhin M.A., Vetkov A.S. – experimental studies of Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko.

Dozorova A.Yu. – manuscript adjustment.

Funding

The study was carried out within the framework of contractual works of JSC Research Center of Construction and Federal Center for Regulation, Standardization and Technical Assessment in Construction (FAU "FCC").

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 15.11.2023

Revised 30.11.2023

Accepted 07.12.2023

Введение

Методика проведения испытаний для определения прочности керамического кирпича и камня пластического формования при сжатии, разработанная в начале прошлого столетия (1927 г.) [1, 2], предусматривала выравнивание опорных поверхностей образцов раствором, что требует достаточно больших трудозатрат и времени. В связи с этим в последние годы в нашей стране и за рубежом начали применять более эффективный метод испытаний кладочных керамических изделий пластического формования – шлифование нагружаемых (опорных) поверхностей.

Однако проведенные исследования показали, что применяемый метод шлифования «искусственно» увеличивает прочностные показатели керамического кирпича и камня пластического формования на 1–2 марки, что соответственно приводит к снижению надежности возводимых зданий и сооружений.

Шлифование нагружаемых поверхностей оказывает влияние и на значения так называемых «коэффициентов формы», позволяющих учитывать как высоту испытываемых изделий, так и их ширину (длину) [3, 4].

Учет влияния геометрических параметров испытываемых образцов на результаты испытаний особенно остро возник в связи с тем, что в государственных стандартах, которые

относятся к испытаниям кладочных керамических стеновых материалов пластического формования, в качестве основного метода был принят метод выравнивания опорных (нагружаемых) поверхностей шлифованием.

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований прочности образцов кладочных керамических изделий пластического формования и оценка влияния их размеров, пустотности и других характеристик на их прочность при сжатии. В статье приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных специалистами Германии, Бельгии и России.

1. Анализ результатов исследований, проведенных за рубежом

1.1. Специалисты Института строительных материалов при Ахенском университете (Германия) в статье «Определение коэффициента формы для кладочных стеновых элементов» [5] отмечают, что прочность при сжатии элементов кладки существенно зависит от высоты и ширины испытываемых образцов.

Фактор изменения прочности кладочных изделий в зависимости от их размеров в стандартах Германии учитывается введением в формулу определения прочности испытанных образцов коэффициента формы.

По результатам большого количества испытаний, проведенных в 80-х годах XX века, в стандартах Германии был введен коэффициент формы [5, 6] при определении прочности кладочных элементов. На первом этапе, чтобы максимально упростить и обосновать необходимость применения коэффициентов формы, значения этих коэффициентов были определены только для разных высот испытываемых образцов [3].

Немецкими специалистами проведен анализ представленных в EN 772-1 [3] значений коэффициента формы. Как видно из табл. 1, в которой указаны значения коэффициента формы δ , диапазон значений от 0,80 до 1,55 очень велик. При этом различие между полнотелыми и пустотелыми изделиями не учтены. Вместе с тем следует учитывать, что применение больших значений коэффициентов формы при определении прочности кладочных изделий приведет к снижению надежности возводимых зданий и сооружений, особенно при использовании пустотных изделий в связи с возможностью хрупкого разрушения конструкций.

В целях уточнения коэффициентов формы авторы провели комплекс теоретических и экспериментальных исследований с использованием полнотелых и перфорированных блоков, в частности с высокими значениями «гибкости» испытываемых образцов.

Для проведения испытаний были использованы полнотелые блоки из силикатного бетона, автоклавного пенобетона и легкого бетона с прочностью на сжатие от 2 до 20 МПа.

Испытания на сжатие проводились на образцах в соответствии с немецкими стандартами DIN V 105-1 (2002) [7], DIN V 4165 (2003) [8] или DIN V 18152 (2003) [9]. Результаты испытаний показали большой разброс значений коэффициентов формы при изменении «гибкости» образцов. На основании результатов проведенных исследований в немецких стандартах, например в DIN 106 E 2015-06 [4], включена табл. 8, содержащая коэффициенты формы f в зависимости только от высоты образцов, которая приведена в табл. 2 данной статьи.

1.2. В статье «Прочность кладки на сжатие по Еврокоду 6. Изучение влияния коэффициента формы» [10] приведены результаты НИР, выполненных в Бельгийском научно-исследовательском строительном институте под руководством Y. Gregoire [6]. Проведенные исследования касались оценки значений коэффициентов формы, которые указаны в Еврокоде 6.

Таблица 1

Значения коэффициента формы, приведенные в EN 772-1 [3]

Table 1

EN 772-1 [3] shape factors values

Высота, мм	Ширина, мм				
	50	100	150	200	≥ 250
40	0,80	0,70	–	–	–
50	0,85	0,75	0,70	–	–
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Таблица 2

Значения коэффициента формы, приведенные в DIN 106 [4]

Table 2

DIN 106 [4] shape factor values

Высота, мм	Коэффициент формы, f
≥ 52 и < 75	0,8
≥ 75 и < 100	0,9
≥ 100 и < 175*	1,0
≥ 175 и < 238	1,1
≥ 238	1,2

*Для уменьшенного формата 104 мм, для стандартного формата 142 мм.

Программа экспериментальных испытаний включала испытания кладочных изделий, растворов и кирпичных стен, изготовленных из различных материалов. Результаты исследований показали, что представленные в европейском стандарте EN 772-1 (Приложение А) [3] значения коэффициента формы требуют корректировки. Величина повышающих или понижающих коэффициентов, как показали результаты исследований, зависит от многих факторов.

Кроме высоты и ширины испытываемого образца при определении его прочности необходимо учитывать пустотность изделия, а также материал, из которого изготовлены кладочные стеновые изделия (керамика, силикатный бетон, ячеистый бетон и др.). Перечисленные материалы имеют различные коэффициенты трения, поэтому при проведении испытаний образцов с подготовкой опорных поверхностей методом шлифования силы трения, возникающие между образцом и плитами пресса, будут также различными (рис. 1).

В публикации Y. Gregoire [6] отмечается, что учет коэффициентов формы в ряде случаев более чем в 1,5 раза может увеличить прочность испытываемых образцов, поэтому их применением требует обоснования.

Кроме того, бельгийские специалисты отмечают, что повышение прочности изделий за счет влияния стальных плит пресса (эффект трения) существенно зависит от процента пустотности и может быть незначительным для крупноформатных керамических камней пустотностью ~50 % и выше.

2. Экспериментальные исследования, проведенные в России

2.1. Проведенный в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко анализ представленной в EN 772-1 (Приложение А) [3] таблицы (табл. 1 в данной статье) коэффициентов формы показывает, что эта таблица составлена для кладочных изделий одного вида.

Значения по вертикали показывают, что при проведении испытаний необходимо учитывать высоту изделий. В таблице приведены значения от 40 до 250 мм. При этом значения повышающих (понижающих) коэффициентов изменяются от 0,80 до 1,55. Этот фактор указывает на то, что при проведении испытаний необходимо учитывать высоту испытываемых образцов, то есть необходимо учитывать влияние продольного изгиба на результаты испытаний.

По горизонтали в таблице EN 772-1 [3] приведена ширина испытываемых изделий. Анализ напряженно-деформированного состояния образца в опорной зоне показывает, что в случае сжатия наличие трения в контактной зоне между образцом и плитой пресса снижает величину растягивающих сил (рис.). Поэтому при большей ширине изделий значения разрушающих нагрузок значительно выше. В таблице EN 772-1 [3] по горизонтали приведены понижающие коэффициенты. При изменении ширины испытываемого образца от 50 до 250 мм значение коэффициента формы снижается от 1,55 до 0,55. Этот фактор подтверждается многими исследованиями. Например, в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведены исследования прочности пустотелого керамического кирпича при различных способах подготовки нагружаемых поверхностей.

Испытания проведены на образцах керамического кирпича пластического формования для определения показателей прочности при использовании различных методик выравнивания опорных поверхностей. Первая серия выполнялась из двух половинок керамического кирпича с выравниванием раствором опорных поверхностей, вторая серия выполнялась также из двух половинок керамического кирпича со шлифовкой нагружаемых (опорных) поверхностей.

Результаты испытаний показали, что средняя прочность испытанных образцов составила 18,1 и 22,5 МПа соответственно при испытании на растворе и со шлифованием нагружаемой поверхности образцов, то есть марка по прочности в случае испытаний на растворе составила М150, при шлифовании – М200.

Снижение показателей прочности керамического кирпича при испытании на растворе составило 20 %.

Результаты испытаний прочности на сжатие керамического пустотелого кирпича при различных методах выравнивания опорных поверхностей, выполненных в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, приведены в табл. 3.

Анализ результатов испытаний показал, что наибольшие значения среднего предела прочности кирпича при сжатии получены при подготовке нагружаемой поверхности методом шлифования (вторая серия испытаний) – 22,25 МПа. Это обусловлено более высокими силами трения, возникающими на опорных поверхностях изделия (рис.).

При использовании для выравнивания опорной поверхности цементного раствора средний предел прочности составил 18,10 МПа.

Исследования прочности и напряженно-деформированного состояния кирпича и камня при различных способах выравнивания опорных поверхностей проводились специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в разные годы.

Таблица 3

Результаты испытаний керамического пустотелого кирпича на сжатие

Table 3

Ceramic hollow brick compression test results

1-я серия испытаний					2-я серия испытаний				
Образец из двух половинок кирпича (1,0 НФ)					Образец из двух половинок кирпича (1,0 НФ)				
Половинки кирпича (на цементном растворе)					Шлифованные образцы, испытанные насухо				
№ п/п	Размеры образца, см	Предел прочности, МПа		Отклонение от сред. в %	№ п/п	Размеры образца, см	Предел прочности, МПа		Отклонение от сред. в %
		R_1	R_{cp}				R_1	R_{cp}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	12,2 × 11,9	20,5	18,1	11,57	2.1	12,2 × 12,1	26,08	22,5	-28,26
1.2	12,2 × 11,8	18,7		1,78	2.2	12,3 × 12,2	22,31		26,30
1.3	12,1 × 12,2	19,7		7,22	2.3	12,3 × 12,1	19,19		-23,31
1.4	12,1 × 12,1	17,5		-4,75	2.4	12,4 × 12,1	20,67		-7,78
1.5	12,2 × 12	12,3		-16,73	2.5	12,2 × 12,1	16,39		-26,88
1.6	12,2 × 12	17,7		-3,66	2.6	12,2 × 12,2	22,15		25,59
1.7	12,2 × 11,8	18,6		1,23	2.7	12,3 × 12,1	24,27		8,28
1.8	12 × 12,3	17,1		-6,93	2.8	12,4 × 12,1	22,05		-46,24
1.9	12,2 × 12,2	19,4		5,59	2.9	12,5 × 12,1	24,79		10,60
1.10	12,2 × 12	19,6		6,68	2.10	12,3 × 12,1	26,34		26,44
1.11	12,2 × 11,8	20,2		9,94	2.11	12,3 × 12,1	19,43		-22,24
1.12	12,2 × 11,8	18,7		1,78	2.12	12,3 × 12,1	19,55		-21,70
1.13	12,1 × 11,8	17,5		-4,75	2.13	12,3 × 12,1	22,92		2,26
1.14	12,2 × 12,8	18,6		1,23	2.14	12,3 × 12,0	27,19		21,31
1.15	12,2 × 11,8	16,5		-10,2	2.15	12,2 × 12,1	24,88		55,62

Полученное при экспериментах снижение прочности изделий при испытании на растворе по сравнению с испытаниями шлифованных керамических изделий можно объяснить при анализе напряженно-деформированного состояния образца в опорной зоне. Продольным деформациям материалов всегда сопутствуют поперечные деформации, которые оказывают большое влияние на прочность испытываемых изделий.

При испытании образцов на сжатие в контактной зоне между прессом и изделиями возникают силы трения, которые препятствуют поперечным деформациям испытываемых образцов и увеличивают разрушающую нагрузку.

При испытаниях кладочных изделий с использованием растворного слоя возникающие горизонтальные растягивающие силы в образцах значительно выше (за счет большей деформативности растворного слоя), чем при испытаниях со шлифованием изделий, что снижает разрушающую нагрузку.

Этот фактор детально изучен при анализе напряженного состояния бетонных кубиков при испытании на сжатие.

На рисунке приведена схема разрушения бетонных кубиков при определении прочности при сжатии (при наличии сил трения и при снижении сил трения за счет смазки).

Возникающие при сжатии образца силы трения в контактной зоне между поверхностью пресса и кубика снижают поперечные деформации испытываемого образца. Поэтому прочность на сжатие образца при выравнивании опорной поверхности шлифованием повышается

по сравнению с тем, когда силы сцепления между поверхностями испытываемых образцов и прессом снижены за счет смазки или растворного слоя (рисунок).

Следует отметить, что показатели прочности при испытании шлифованных изделий (насухо) более стабильны по сравнению с испытаниями с выравниванием опорных поверхностей раствором.

Представленные результаты исследований показывают, что значения коэффициентов формы, указанные в Приложении А в таблице EN 772-1 [3], требуют уточнения еще по одной причине. Значения предела прочности испытываемых образцов существенно зависят от метода выравнивания нагружаемых поверхностей. Если керамические (шлифованные), силикатные или ячеистобетонные изделия испытываются насухо, то при испытании блоков из тяжелого бетона или керамзитобетона опорные поверхности выравниваются раствором. Этот фактор еще раз подчеркивает, что применение единой таблицы коэффициентов формы неприемлемо.

2.2. В целях уточнения влияния высоты испытываемых образцов на изменяемую величину прочности специалистами Винзилинского ЗКГ совместно со специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведен анализ результатов испытаний прочности одинарного и утолщенного (полнотелого и пустотелого) силикатного кирпича.

Необходимо отметить, что в соответствии с ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе» [11] при вычислении прочности утолщенного кирпича применялся коэффициент 1,2. Поэтому прочность утолщенного кирпича принималась на 20 % выше независимо от материала изделия и пустотности. В ГОСТ Р 58527-2019

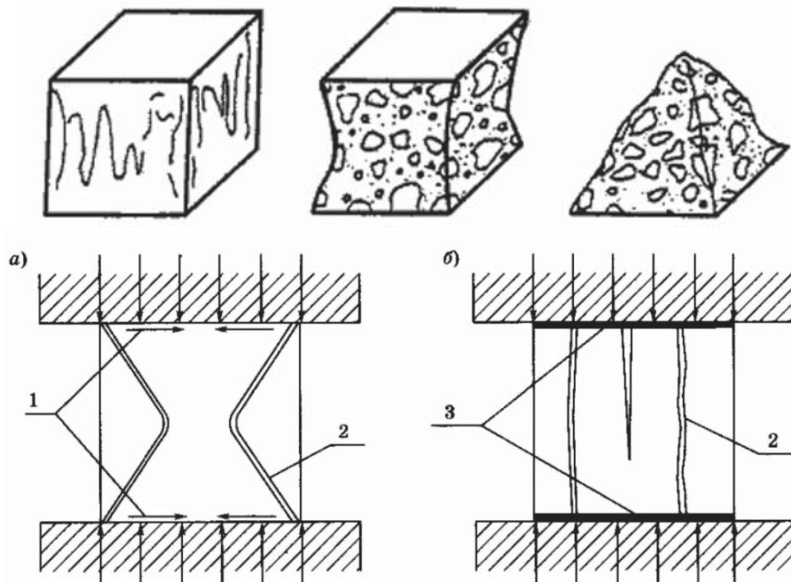


Рис. Характер разрушения бетонных кубов при испытаниях на сжатие при различных коэффициентах трения по опорным поверхностям: а – при наличии трения по опорным поверхностям; б – при отсутствии трения по опорным поверхностям; 1 – силы трения; 2 – характер разрушения; 3 – смазка

Fig. Destruction pattern of concrete cubes during compression tests at various friction coefficients for supporting surfaces: а – in the presence of friction on supporting surfaces; б – in the absence of friction on supporting surfaces; 1 – friction forces; 2 – destruction pattern; 3 – lubrication

Таблица 4

Физико-механические характеристики выпускаемых ООО «ВЗКГ» силикатных изделий

Table 4

Physical and mechanical characteristics of VZKG LLC silicate products

Полнотелый кирпич		
	одинарный	утолщенный
Марка по прочности	M175–M250	M175–M250
Размер	250 × 120 × 65 мм	250 × 120 × 88 мм
Водопоглощение	14–16 %	14–16 %
Морозостойкость	F150	F150
Вес	3,5 кг	4,7 кг
Пустотелый кирпич		
	одинарный	утолщенный
Марка по прочности	M150–M200	M150–M200
Размер	250 × 120 × 65 мм	250 × 120 × 88 мм
Водопоглощение	15–17 %	15–17 %
Морозостойкость	F150	F150
Пустотность	14 %	17 %
Вес	3,1 кг	3,8 кг

«Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе» [12], который вышел взамен ГОСТ 8462, этот коэффициент был исключен.

Поверочные испытания достоверности применяемого коэффициента были проведены на образцах, изготовленных из одной и той же силикатной массы, а формовка кирпича выполнялась на четырех технологических линиях, имеющих одинаковые характеристики.

В табл. 4 приведены физико-механические характеристики выпускаемых изделий (одинарного и утолщенного силикатного кирпича полнотелого и пустотелого).

Обработка результатов испытаний (определение средних значений) проведена на сериях, имевших не менее 8 значений.

В табл. 5 приведены результаты испытаний и измеряемые значения прочности для силикатного кирпича, а также значения повышающих коэффициентов для полнотелого и пустотелого кирпича.

Сравнение результатов испытаний прочности одинарного и утолщенного силикатного кирпича показало, что высота образцов оказывает влияние на результаты испытаний. В частности, проведенные испытания показали, что при одинаковом составе силикатной массы, одинаковой формовке изделий и прочих равных условиях значения прочности утолщенного кирпича оказались меньше прочности одинарного кирпича на 8–11 %. Учитывая, что в ГОСТ Р 58527-2019 [12] исключен повышающий коэффициент 1,2, который применялся в ГОСТ 8462-85 [11] при вычислении прочности утолщенного кирпича, в СП 15.13330.2020 [13] в таблицу 6.1 включено:

«Примечание

3. Расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпичей толщиной 88 мм следует принимать с повышающим коэффициентом 1,1; из кирпичей толщиной 65 мм с коэффициентом 1,0. При промежуточных значениях высоты кирпича величина повышающего коэффициента определяется интерполяцией».

Таблица 5

Результаты испытаний прочности одинарного и утолщенного силикатного кирпича

Table 5

Strength tests results for ordinary and thickened silica brick

Измеряемый показатель	Полнотелый силикатный кирпич		$\frac{R_1^0}{R_1}$	Измеряемый показатель	Пустотелый силикатный кирпич (14–17 %)		$\frac{R_1^0}{R_1}$
	одинарный	утолщенный			одинарный	утолщенный	
Средняя прочность, R_1 , МПа	19,0	17,7	1,07	Средняя прочность, R_1 , МПа	16,1	15,0	1,07
	18,4	17,1	1,07		17,3	15,1	1,15
	19,0	17,5	1,09		17,9	15,6	1,15
	19,7	17,9	1,10		16,6	15,0	1,10
	Усредненный коэффициент формы		1,08		17,1	16,2	1,05
					16,5	15,2	1,08
					19,2	16,3	1,17
					18,9	16,3	1,16
					17,1	16,2	1,05
					Усредненный коэффициент формы		1,11

3. Анализ таблицы коэффициентов формы, представленной в EN 772-1 [3]

Проведенные исследования показали, что приведенная в EN 772-1 [3] таблица (в данной статье табл. 1) повышающих и понижающих коэффициентов формы указывает на необходимость при определении прочности на сжатие испытываемых образцов кладочных изделий учитывать высоту и ширину этих образцов. Однако указанные в таблице коэффициенты формы требуют корректировки.

– В представленной табл. 1 по вертикали приведены значения высоты образцов от 40 до 250 мм. В этом случае, учитывая высоту испытываемых изделий, коэффициенты, приведенные в таблице, увеличиваются от 0,8 до 1,55. Эти повышающие коэффициенты учитывают влияние «продольного изгиба» (чем выше испытываемый образец, тем больше повышающий коэффициент).

– По горизонтали в табл. 1 указаны размеры образцов по ширине. Проведенный выше анализ экспериментальных данных показал, что чем шире изделие (при одинаковой длине), тем больше сила трения. По горизонтали в табл. 1 указаны понижающие коэффициенты.

При этом нужно учитывать, что силы трения, возникающие на контактной поверхности между образцом и плитой пресса, будут зависеть от нескольких факторов:

- от ширины изделия;
- от пустотности изделия (чем больше пустотность, тем меньше сила трения);
- от материала изделия (различные материалы имеют различные коэффициенты трения);
- от способа выравнивания нагружаемых поверхностей.

Результаты проведенных исследований, в том числе приведенных в данной статье, показали, что таблица коэффициентов формы, данная в EN 772-1 [3], требует корректировки. По-видимому, целесообразно подготовить несколько таблиц с коэффициентами формы для изделий с различной пустотностью и различными коэффициентами трения. Требуется также учитывать различные методы выравнивания нагружаемых поверхностей.

Выводы

1. Проведенные исследования и анализ результатов экспериментов показали, что для повышения точности определения прочности испытываемых образцов с учетом их размеров необходимо иметь несколько таблиц, в том числе:

- для полнотелых изделий для каждого вида материала – керамика, силикат, бетон, ячеистый бетон;
- для пустотных изделий также для каждого вида материала и процента пустотности;
- необходимо учитывать также метод выравнивания нагружаемых поверхностей (раствор, шлифование).

На данном этапе целесообразно при оценке влияния формы изделий учитывать только высоту испытываемых образцов по примеру немецких норм (DIN 105 [7], DIN 106 [4]).

2. Результаты испытаний на образцах из силикатного кирпича показали, что для утолщенного кирпича необходимо использование повышающего коэффициента. Но применявшийся в ГОСТ 8462-85 [11] коэффициент завышает значения прочности утолщенного кирпича. Поэтому в Изменение № 1 к ГОСТ Р 58527-2019 [12], разработанного взамен ГОСТ 8462-85 [11], повышающий коэффициент 1,2 для утолщенного кирпича исключен. Вместе с тем в СП 15.13330.2020 (Изменение № 1) [13] в таблице 6.1 в Примечании 3 указано на необходимость повышения расчетных сопротивлений кладки из утолщенного кирпича: «3. Расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпичей толщиной 88 мм следует принимать с повышающим коэффициентом 1,1; из кирпичей толщиной 65 мм с коэффициентом 1,0. При промежуточных значениях высоты кирпича величина повышающего коэффициента определяется интерполяцией».

Список литературы

1. О니щик Л.И. Исследования по каменным конструкциям. Москва: Стройиздат; 1959.
2. Онищик Л.И. Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий. Москва, Ленинград: Госстройиздат; 1939.
3. DIN EN 772-1:2016. Methods of test for masonry units – Part 1: Determination of compressive strength [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-en-772-1-2016-05.html>
4. DIN 106 E 2015-06. Kalksandsteine – Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-106-e-2015-06.html>
5. Beer I., Schubert P. Determination of Shape Factors for Masonry Units. In: 13th International Brick and Block Masonry Conference. Amsterdam; 2004, pp. 83–88.
6. Gregoire Y. Compressive strength of masonry according to eurocode 6: a contribution to the study of the influence of shape factors. Masonry International. 2007;20(2):69.
7. DIN V 105-1 2002-06. Clay masonry units – Part 1: Solid units and vertically perforated units of bulk density classes 1,2 [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-105-1-2002-06.html>
8. DIN V 4165 2003-06. Autoclaved aerated concrete high precision units and elements [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-4165-2003-06.html>
9. DIN V 18152 2003-10. Lightweight concrete solid bricks and blocks [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-18152-2003-10.html>
10. EN 1996-1-1-2010. Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-en-1996-1-1-2010-12.html>
11. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Москва: Издательство стандартов; 1985.

12. ГОСТ Р 58527-2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Москва: Стандартинформ; 2019.
13. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573741258>
14. Пономарев О.И., Мухин М.А., Ветков А.С., Иванова А.Ю. Влияние шлифования нагружаемой поверхности на прочность кладочных стеновых керамических изделий при сжатии. Вестник НИЦ «Строительство». 2021;28(1):74–84. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1\(28\)-74-84](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1(28)-74-84)

References

1. Onishchik L.I. Research on stone structures. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1959. (In Russian).
2. Onishchik L.I. Stone structures of industrial and civil buildings. Moscow, Leningrad: Gosstroizdat; 1939. (In Russian).
3. DIN EN 772-1:2016. Methods of test for masonry units – Part 1: Determination of compressive strength [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-en-772-1-2016-05.html>
4. DIN 106 E 2015-06. Kalksandsteine – Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-106-e-2015-06.html>
5. Beer I., Schubert P. Determination of Shape Factors for Masonry Units. In: 13th International Brick and Block Masonry Conference. Amsterdam; 2004, pp. 83–88.
6. Gregoire Y. Compressive strength of masonry according to eurocode 6: a contribution to the study of the influence of shape factors. Masonry International. 2007;20(2):69.
7. DIN V 105-1 2002-06. Clay masonry units – Part 1: Solid units and vertically perforated units of bulk density classes 1,2 [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-105-1-2002-06.html>
8. DIN V 4165 2003-06. Autoclaved aerated concrete high precision units and elements [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-4165-2003-06.html>
9. DIN V 18152 2003-10. Lightweight concrete solid bricks and blocks [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-v-18152-2003-10.html>
10. EN 1996-1-1-2010. Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures [internet]. Available at: <https://meganorms.ru/stb-din-en-1996-1-1-2010-12.html>
11. State Standard 8462-85. Wall materials. Methods for determination of ultimate compressive and bending strength. Moscow: Publishing House of Standards; 1985. (In Russian).
12. State Standard R 58527-2019. Wall materials. Methods for determination of ultimate compressive and bending strength. Moscow: Standartinform; 2019. (In Russian).
13. SP 15.13330.2020. Masonry and reinforced masonry structures [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573741258> (in Russian).
14. Ponomarev O.I., Mukhin M.A., Vetkov A.S., Ivanova A.Yu. The effect of grinding of the loaded surface on the strength of masonry wall ceramic products under compression. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2021;28(1):74–84. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1\(28\)-74-84](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-1(28)-74-84)

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

Юлия Федоровна Панченко, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень; заместитель генерального директора по науке и развитию ООО «ВЗКГ», р.п. Винзили
e-mail: nir@vzkg.ru
тел.: +7 (800) 250-69-72

Yulia F. Panchenko, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Tyumen Industrial University, Tyumen; Deputy General Director for Science and Development, VZKG LLC, Vinzili
e-mail: nir@vzkg.ru
tel.: +7 (800) 250-69-72

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

Антон Сергеевич Ветков, заведующий сектором лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий (№ 7) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: vetkov.anton@yandex.ru
тел.: +7 (991) 254-56-63

Anton S. Vetkov, 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: vetkov.anton@yandex.ru
tel.: +7 (991) 254-56-63

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

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

[✉] Автор, ответственный за переписку / Corresponding author