

В.Н. ДЕРКАЧ¹, И.Е. ДЕМЧУК¹, П.И. МАТЯС¹

¹Филиал Научно-технический центр РУП «СТРОЙТЕХНОРМ», г. Брест, Республика Беларусь

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ СДВИГЕ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРИЗОВАННЫХ БЛОКОВ

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований прочности при сдвиге в плоскости горизонтальных растворных швов каменных кладок из поризованных керамических блоков. Исследовались значения начальной прочности при сдвиге (прочности касательного сцепления) и предельные значения прочности при сдвиге. Испытания каменных кладок выполнялись согласно СТБ EN 1052-3 при одновременном действии сжимающих и сдвигающих усилий. В зависимости от уровня обжатия разрушение каменных кладок происходило вследствие сдвига по границе кладочного изделия и растворного шва и раздробления перегородок между пустотами блоков. Установлено, что предельные значения прочности кладки при сдвиге, приведенные в нормах по проектированию каменных конструкций, существенно превышают экспериментальные значения. Указано на необходимость корректировки положения нормативных документов, касающиеся предельных значений прочности при сдвиге каменных кладок из поризованных керамических блоков.

Ключевые слова: каменная кладка, керамические поризованные блоки, неперевязанное сечение, прочность при сдвиге.

V.N. DERKACH¹, I.E. DEMCHUK¹, P.I. MATYAS¹

¹Branch office Scientific-Technical Center of the RUE "STROYTECHNORM", Brest, Republic of Belarus

LIMIT VALUES OF SHEAR STRENGTH FOR MASONRY MADE OF POROUS CERAMIC BLOCKS

Abstract. The article presents the results of experimental studies of shear strength in the plane of horizontal mortar joints of masonry from porous ceramic blocks. The initial shear strength values were investigated (strength of tangential adhesion), as well as the ultimate shear strength values. Experiments with masonry were carried out in accordance with STB EN 1052-3 with simultaneous action of compressive and shear forces. Depending on the compression level, the destruction of masonry occurred due to a shift along the border of the masonry product and the mortar joint and fragmentation of the partitions between the voids of the blocks. It has been established that the limiting values of masonry shear strength, given in the standards for the design of stone structures, significantly exceed the experimental values. The need to correct the provisions of regulatory documents regarding the ultimate values of shear strength of masonry from porous ceramic blocks is indicated.

Keywords: masonry, ceramic porous blocks, unbonded section, shear strength.

Введение

Характер разрушения каменной кладки при сдвиге, а также ее прочность на сдвиг зависят от величины и знака нормальных напряжений σ_y , действующих перпендикулярно плоскости горизонтальных растворных швов, механических характеристик кладочных материалов, размеров кладочных изделий и способа их перевязки [1-16].

При действии сдвигающего усилия вдоль горизонтальных растворных швов в зависимости от величины сжимающих напряжений σ_y могут иметь место различные механизмы разрушения кладки (рисунок 1).

© Деркач В.Н., Демчук И.Е., Матяс П.И., 2025

Когда сжимающие напряжения σ_y невелики или изгиб каменной кладки в ее плоскости вызывает появление растягивающих напряжений σ_y (область А), разрушение кладки происходит в результате раскрытия растворных швов или сдвига по контакту швов с кладочными изделиями (область В). При этом в кладке образуются горизонтальные или наклонные трещины, траектория которых проходит по контакту кладочных изделий и растворных швов.

Рост сжимающих напряжений σ_y приводит к образованию наклонных трещин, проходящих по растворным швам и кладочным изделиям (область С). Если сжимающие напряжения σ_y близки к прочности на сжатие кладки, то ее разрушение происходит в результате раздробления кладочных изделий (область D).

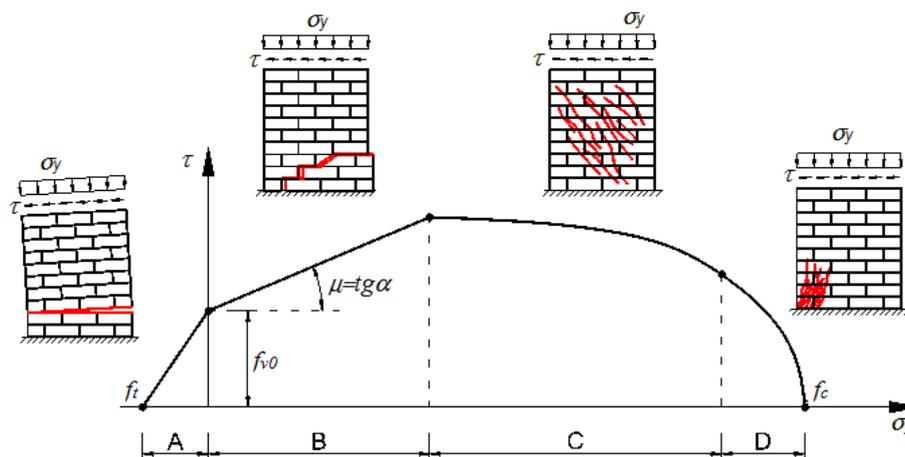


Рисунок 1– Зависимость « τ - σ_y » и характер разрушения каменной кладки [1]

В нормативных документах [17, 18, 26] прочность каменной кладки на срез по горизонтальным неперевязанным швам f_v ассоциируется со сдвигом кладки в растворном шве или по контакту шва с камнем и определяется по зависимости Кулона-Мора (1):

$$f_v = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_y \quad (1),$$

где f_{v0} – начальная прочность при сдвиге (прочность касательного сцепления);

μ – коэффициент внутреннего трения;

σ_y – нормальные сжимающие напряжения, действующие перпендикулярно плоскости горизонтальных растворных швов.

На рисунке 2 приведена графическая интерпретация критерия прочности Кулона-Мора, в котором области действия нормальных напряжений σ_y ограничены прочностью кладки на сжатие f и растяжение f_t .

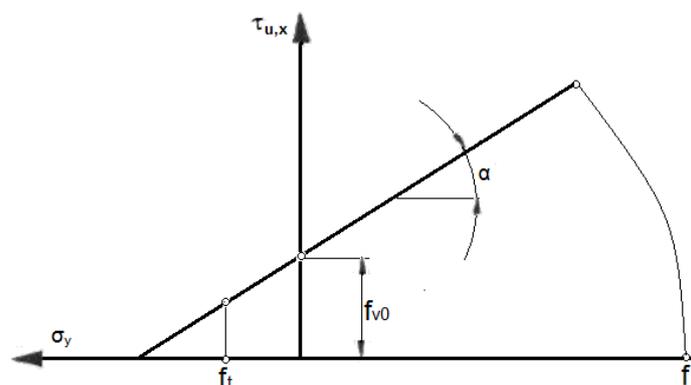


Рисунок 2– Критерий прочности Кулона-Мора

Следует отметить, что прямолинейная зависимость между касательными и нормальными напряжениями в каменной кладке соблюдается до определенного уровня напряжений σ_y , когда имеет место разрушение кладки в виде чистого сдвига (скольжения) в плоскости горизонтальных швов (см. рисунок 1). При определенных значениях сжимающих и касательных напряжений в растворных швах и кладочных изделиях возникают наклонные трещины или происходит разрыв кладочных изделий, после чего прочность каменной кладки на сдвиг с увеличением σ_y практически не меняется. Поэтому в EN 1996-1-1 [17] значения f_{vt} ограничивают величиной $0,065-0,045f_b$ или f_{vt} (f_b – нормируемое значение прочности на сжатие кладочного изделия). Ограничения прочности каменной кладки на сдвиг предусматривают случаи исчерпания прочности кладочных изделий на растяжение и разрушение каменной кладки в результате действия главных растягивающих напряжений.

В национальных нормах различных стран содержатся разные подходы к оценке значения f_{vt} . Например, согласно немецкому национальному приложению к EN 1996-1-1 значение f_{vt} определяют из выражения (2):

$$f_{vt} = \frac{1}{c} \min \{ f_{vt,k}; f_{vt,r}; f_{vt,s} \} \quad (2),$$

где c – коэффициент, значение которого зависит от отношения высоты стены h_w к ее длине l_w . При $h_w/l_w \leq 1$ $c=1$; при $h_w/l_w \geq 2$ $c=1,5$;

$f_{vt,k}, f_{vt,r}, f_{vt,s}$ – значения прочности, которые связаны с разрушением кладки вследствие:

- отрыва кладочного изделия от раствора при растяжении;
- нарушения сцепления между раствором швом и кладочным изделием при сдвиге;
- образования наклонных трещин в результате действия главных растягивающих напряжений.

Значения $f_{vt,k}, f_{vt,r}, f_{vt,s}$ зависят от прочности касательного сцепления, а также прочности на растяжение кладочного изделия, его размеров и глубины перевязки.

В польском национальном приложении к EN 1996-1-1 прочность кладки при сдвиге, также как и в Еврокоде 6, ограничивают величиной $0,065f_b$ в случае заполнения вертикальных швов раствором или $0,045f_b$ при пазогребневом соединении кладочных изделий, а также значениями f_{vt} , которые в свою очередь зависят от прочности кладочного раствора на сжатие и для кладок из керамических изделий группы 2 находятся в пределах 1,0-1,4 МПа. Для аналогичных каменных кладок в нормах Республики Беларусь [18] значения $f_{vt} = 0,9-1,6$.

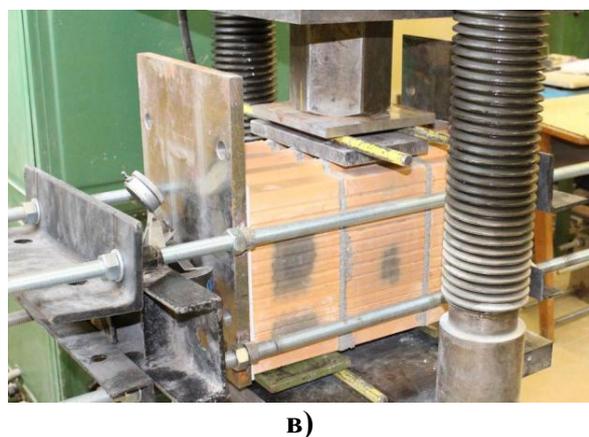
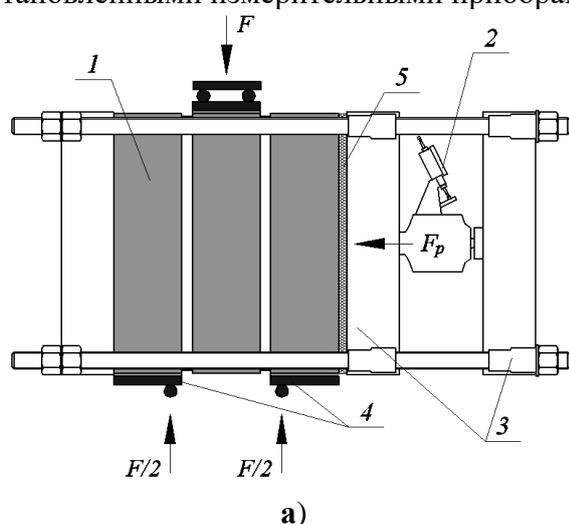
Разные подходы нормативных документов к оценке предельных значений прочности каменной кладки при сдвиге свидетельствуют о недостаточной изученности этого вопроса. Указанное обстоятельство определило необходимость проведения настоящих исследований.

Метод

Предельное значение прочности при сдвиге f_{vt} устанавливали в соответствии с СТБ EN 1052-3 [19] по результатам испытаний образцов кладки, состоящих из трех кладочных изделий, соединенных между собой раствором швом толщиной 12 мм и подверженных одновременному действию сжимающих и сдвигающих напряжений. Для этого были изготовлены двенадцать образцов каменной кладки из поризованных пустотелых керамических блоков размерами 250x250x138 мм и девять образцов кладки из полнотелого керамического кирпича размером 250x120x65 мм. Испытания образцов кладки из керамического кирпича выполнялись с целью сопоставления механизмов их разрушения и значений прочности при сдвиге с образцами из поризованных блоков. Установленное в соответствии с СТБ EN 772-1 [20] нормализованное значение прочности на сжатие керамических блоков, составило 13,0 МПа, керамического кирпича – 31,9 МПа, а среднее

значение прочности на сжатие затвердевшего кладочного раствора согласно СТБ EN 1015-11 [21] – 15,3 МПа. После изготовления образцы кладки нагружались равномерно распределенной нагрузкой, вызывающей в поперечном сечении кладки сжимающие напряжения $\approx 2,5 \cdot 10^{-3}$ МПа, и укрывались полиэтиленовой пленкой. В нагруженном состоянии опытные образцы хранились в лабораторных условиях до испытания в течении 28 суток.

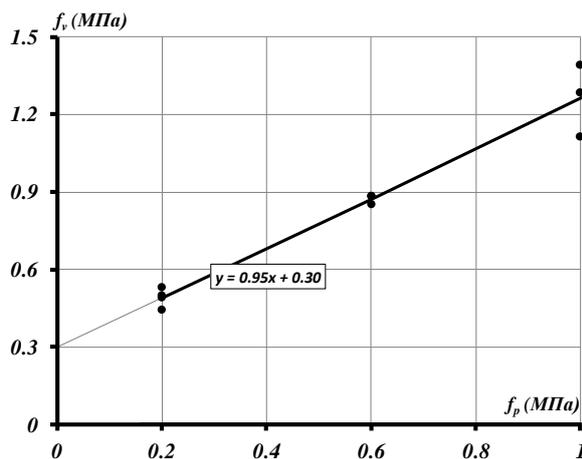
Сдвигающее усилие на образец каменной кладки передавалось с помощью лабораторного испытательного пресса П-10. Для передачи усилия предварительного обжатия использовалось специальное устройство, представляющее собой комплект пластин толщиной 20 мм, соединенных между собой резьбовыми шпильками диаметром 20 мм. Регистрация усилия предварительного обжатия осуществлялась при помощи образцового динамометра сжатия ДОСМ-3-5. Схема испытаний и общий вид опытных образцов каменной кладки с установленными измерительными приборами показаны на рисунке 2.



1 – испытываемый образец кладки; 2 – динамометр для контроля уровня обжатия; 3 – пластины для передачи обжатия; 4 – опорные пластины с роликовыми опорами; 5 – гипсовая прокладка
 Рисунок 2 – Схема испытаний и общий вид опытных образцов каменной кладки: а) – схема испытательной установки; б) – образец из полнотелого кирпича; в) – образец из поризованных блоков

Результаты и обсуждение

Независимо от величины сжимающих напряжений f_p разрушение образцов кладки из керамического кирпича происходило вследствие потери сцепления по контакту растворного шва с поверхностью кирпича, при этом график зависимости средних значений прочности при сдвиге f_v от уровня сжимающих напряжений f_p имел прямолинейный характер (рисунок 3).



а)

б)

Рисунок 3– Результаты испытаний на сдвиг кладки из керамического кирпича:
а)– характер разрушения; б)– график зависимости « $f_v - f_p$ »

В момент разрушения наблюдался чистый сдвиг (скольжение) соединения между раствором швом и одной либо двумя поверхностями кирпича. При максимальном уровне обжигания опытных образцов трещинообразования в кирпичах и растворных швах не происходило. По результатам испытаний среднее значение прочности касательного сцепления каменной кладки из кирпича составило 0,3 МПа, а значение коэффициента внутреннего трения 0,95. При максимальном уровне обжигания кладки $f_p=1$ МПа среднее значение прочности при сдвиге $f_v=1,3$ МПа.

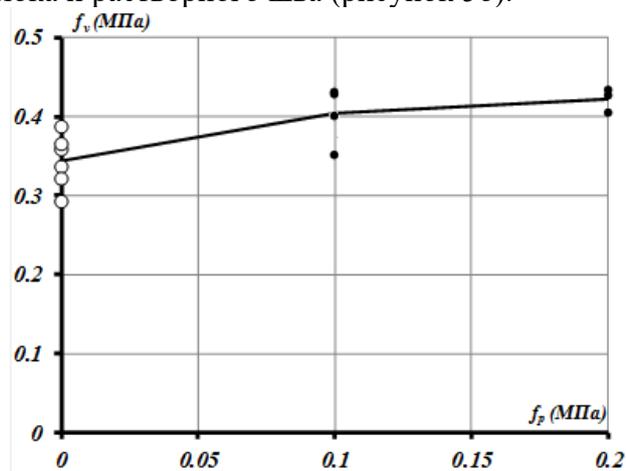
При испытании образцов каменной кладки из поризованных керамических блоков, даже при небольших значениях сжимающих напряжений $f_p=0,1$ МПа, сдвиг в плоскости растворного шва сопровождался разрушением перегородок между пустотами блока (рисунок 4). При этом среднее значение прочности при сдвиге каменной кладки составило 0,4 МПа.



Рисунок 4– Характер разрушения образцов каменной кладки из поризованных керамических блоков при $f_p=0,1$ МПа

Двукратное повышение уровня сжимающих напряжений не изменило картины разрушения опытных образцов. Среднее значение прочности при сдвиге каменной кладки при этом увеличилось незначительно, до 0,42 МПа (рисунок 5а).

При испытании опытных образцов только сдвигающей нагрузкой ($f_p=0$ МПа) разрушение кладки происходило вследствие сдвига по контакту поризованного керамического блока и растворного шва (рисунок 5б).



а) б)
Рисунок 5– Результаты испытаний на сдвиг кладки из поризованных керамических блоков: а)– график зависимости « $f_v - f_p$ »; б)– характер разрушения при $f_p=0$ МПа

В отличие от кладки из керамического кирпича, при сдвиге в плоскости растворных швов кладки из поризованных блоков имел место срез раствора, заполнившего пустоты кладочных изделий и играющего роль своеобразных шпонок. Среднее значение начальной прочности при сдвиге (прочности касательного сцепления) f_{v0} при этом составило 0,34 МПа, что выше на 13%, чем кладки из полнотелого кирпича. Близкие значения f_{v0} были получены в работе [22] для кладок из поризованных керамических блоков на клеевых швах.

Из графика, приведенного на рисунке 5а, следует, что предельное значение прочности при сдвиге f_{vlt} кладки из поризованных керамических блоков составляет около 0,4 МПа, что ниже значения $0,045f_b=0,59$ МПа. Полученное значение $f_{vlt}=0,4$ МПа оказалось примерно в два раза ниже значения f_{vlt} , установленного в исследованиях [23-25] для каменных кладок из поризованных керамических камней. Объясняется это большей суммарной толщиной перегородок и наружных стенок относительно ширины изделия в поризованных керамических камнях по сравнению с керамическими блоками, а также более низкой прочностью последних. Нормализованная прочность на сжатие керамических камней была примерно на 50% выше, чем керамических блоков.

В нормах Республики Беларусь [18] для каменной кладки из керамических изделий группы 2, к которым относят поризованные керамические блоки и камни, при прочности на сжатие стандартного кладочного раствора $f_m = 10-15$ МПа, значения $f_{vlt} = 1,6$ МПа, что в четыре раза выше значений f_{vlt} , полученных по результатам настоящих экспериментальных исследований.

В нормах Российской Федерации [26], данные о предельных значениях прочности на сдвиг каменной кладки отсутствуют. В случае расчета неармированной каменной кладки на срез по горизонтальным неперевязанным растворным швам это может приводить к завышению расчетного значения поперечной силы, воспринимаемой кладкой, при одновременном действии сдвигающего и сжимающего усилий. При этом наиболее неблагоприятным является случай применения кладок из пустотелых поризованных керамических изделий, для которых предельные значения прочности на сдвиг f_{vlt} близки к значениям прочности касательного сцепления f_{v0} .

Заключение

1. Получены новые данные о характере разрушения при сдвиге с обжатием и о предельных значениях прочности на сдвиг f_{vlt} каменных кладок из поризованных керамических блоков. Экспериментально установлено, что предельные значения прочности на сдвиг f_{vlt} каменных кладок из поризованных керамических изделий производства Республики Беларусь зависят от вида кладочных изделий и находятся в диапазоне 0,4-0,8 МПа, что в 4-2 раза ниже значений f_{vlt} , приведенных в строительных правилах СП 5.02.01-2021.
2. В своде правил СП 15.13330.2020 отсутствуют данные о предельных значениях прочности на сдвиг по неперевязанному сечению каменных кладок, воспринимающих сдвигающие и сжимающие усилия, что может приводить к неоправданному завышению несущей способности каменных конструкций на срез по горизонтальным раствором швам.
3. Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости корректировки норм Республики Беларусь СП 5.02.01-2021 и Российской Федерации СП 15.13330.2020 в части расчета на срез неармированных каменных кладок, подверженных одновременному действию сжимающих и сдвигающих усилий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mann W., Müller H. Failure of Shear-stressed Masonry-an Enlarged Theory, Tests and Application to Shear // Proc. of the British Ceramic Society. 1982. №30. Pp. 223-235.
2. Dialer C.D. Bruch und Verformungsverhalten von schubbeanspruchten Mauerwerksscheiben // Mauerwerk-Kalender 1992, Ernst & Sohn Verlag. 1992. Pp. 609-614.
3. Crisafulli F.J., Carr A.J., Park R. Shear Strength of Unreinforced Masonry Panels // Papers from Pacific Conf. on Earthquake Engng. – Melbourne, 1995. Pp. 77-86.
4. Graubner C.A., Simon E. Zur Schubtragfähigkeit von Mauerwerk aus großformatigen Steinen // Mauerwerk-Kalender 26, 2001, Ernst & Sohn Verlag. 2001. Pp. 737-752.
5. Lourenço P.B., Barros J.O., Oliveira J.T. Shear testing of stack bonded masonry // Construction and Building Materials. 2004. №18(2). Pp. 125-132.
6. Jasiński R., Piekarczyk A. Próba opisu zjawiska ścinania w kierunku równoległym i prostopadłym do spoin wspornych niezbrojonych murów ceglanych // Materiały XLIX Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB. – Warszawa – Krynica, 2003. S. 139 -147.
7. Oan A.F., Shrive N.G. Shear of concrete masonry walls // 11th Canadian Masonry Symposium, Toronto, Ontario, May 31- June 3, 2009. 10 p.
8. Tomazevic M. Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of masonry // Materials and Structures. 2009. №42. Pp. 72-93.
9. Popal, R., Lissel S.L. Numerical evaluation of existing mortar joint shear tests and a new test method // Proceedings of 8th International Masonry Conference, July 4-7, 2010. Pp 21-35.
10. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Прочность каменной кладки на срез по неперевязанным сечениям // Строительство и реконструкция. 2010. №3. С.7-13.
11. Fehling, E., Ismail, M., Samaan, S. Biegezugversuche an Planziegelmauerwerk. Mauerwerk, 2015(5). Pp. 355–362.
12. Pftzing T. Zur Schubtragfähigkeit von Mauerwerksscheiben mit teilweise aufliegender Deckenplatte // Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau. Structural Materials and Engineering Series. Heft 35. 2020. № 35.195 s.
13. Lavado L., Gallardo J. Shear strength of brick mortar interface for masonry in Lima city // Tecnia vol.29. 2019 №2. Pp. 57-63.
14. Beconcini M.L., Croce P., Formichi P., Landi F., P. Benedetta Experimental Evaluation of Shear Behavior of Stone Masonry Wall / Materials (Basel). 2021. №14(9). 13p.
15. Wilding B.V., Godio M., Beyer K. The ratio of shear to elastic modulus of in-plane loaded masonry/ Materials and Structures. 2020. №53(2). Pp. 83-98.
16. Kozłowski M, Galman I, Jasiński R. Finite Element Study on the Shear Capacity of Traditional Joints between Walls Made of AAC Masonry Units // Materials (Basel). 2020 №13(18). Pp. 34-47.
17. Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk: EN 1996-1-1:2005. – Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2005. – 127 p.
18. Каменные и армокаменные конструкции. Строительные нормы проектирования: СП 5.02.01-2021.– Введ.1.04.2021.– Минск: МАиС, 2021. 116 с.

19. Методы испытаний каменной кладки. Часть 3. Определение начальной прочности при сдвиге: СТБ EN 1052-3-2017. – Введ. 01.08.2018. – Минск: РУП «Стройтехнорм». 2013. 17 с.
20. Методы испытаний изделий для каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии: СТБ EN 772-1-2014. – Введ. 01.01.2015. – Минск: РУП «Стройтехнорм». – 2015. 16 с.
21. Методы испытаний растворов для каменной кладки. Часть 11. Определение прочности затвердевшего раствора при изгибе и сжатии: СТБ EN 1015-11-2012. – Введ. 01.09.2013. – Минск: РУП «Стройтехнорм». 2013. 14 с.
22. Грановский А.В., Сайфулина Н.Ю., Иванова Г.М., Ефименко М.Н. Сейсмостойкость стен из крупноформатных керамических поризованных (шлифованных) многопустотных камней на клеевом растворе // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №6. С. 67-70.
23. Деркач, В.Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3(29). С. 19-28.
24. Демчук, И.Е. Предельные значения прочности каменной кладки при сдвиге в Национальном приложении к Еврокоду 6 // Актуальные проблемы инновационной подготовки инженерных кадров при переходе строительной отрасли на европейские стандарты: сборник Международных научно-технических статей (материалы научно-метод. конф.), г. Минск, 26-27 мая 2015 г. / БНТУ; редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа. – Минск: БНТУ, 2015. С. 77-89.
25. Демчук И.Е. Экспериментально-теоретические исследования каменной кладки при сдвиге с обжатием // Вестник БрГТУ. 2016. № 1(97): Строительство и архитектура. С. 112-116.
26. Свод правил. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81: СП 15.13330.2020– Введ. 1.07.2021.– М.: Минстрой России, 2021. 124с.

REFERENCES

1. Mann W., Müller H. Failure of Shear-stressed Masonry — an Enlarged Theory, Tests and Application to Shear. *Proc. of the British Ceramic Society*. 1982. No. 30. Pp. 223–235.
2. Dialer C.D. Bruch und Verformungsverhalten von schubbeanspruchten Mauerwerksscheiben [Fracture and deformation behavior of shear-stressed masonry panels]. *Masonry Calendar 1992*. Ernst & Sohn Verlag, 1992. Pp. 609–614.
3. Crisafulli F.J., Carr A.J., Park R. Shear Strength of Unreinforced Masonry Panels. *Papers from Pacific Conference on Earthquake Engineering*. Melbourne, 1995. Pp. 77–86.
4. Graubner C.A., Simon E. Zur Schubtragfähigkeit von Mauerwerk aus großformatigen Steinen [Shear resistance of masonry from large-sized elements]. *Masonry Calendar 26*. Ernst & Sohn Verlag, 2001. Pp. 737–752.
5. Lourenço P.B., Barros J.O., Oliveira J.T. Shear testing of stack bonded masonry. *Construction and Building Materials*. 2004. Vol. 18. No. 2. Pp. 125–132.
6. Jasiński R., Piekarczyk A. Próba opisu zjawiska ścinania w kierunku równoległym i prostopadłym do spoin wspornych niezbrojonych murów ceglanych [An attempt to describe shear in the direction parallel and perpendicular to the base joints of unreinforced brick walls]. *Materiały XLIX Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB*. Warszawa–Krynica, 2003. Pp. 139–147.
7. Oan A.F., Shrive N.G. Shear of concrete masonry walls. *11th Canadian Masonry Symposium*. Toronto, 2009. 10 p.
8. Tomazevic M. Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of masonry. *Materials and Structures*. 2009. Vol. 42. Pp. 72–93.
9. Popal R., Lissel S.L. Numerical evaluation of existing mortar joint shear tests and a new test method. *Proceedings of 8th International Masonry Conference*. 2010. Pp. 21–35.
10. Derkach V.N., Orlovich R.B. Prochnost' kamennoj kladki na srez po neperevyazannym secheniyam [Shear strength of masonry parallel to the horizontal joints]. *Construction and Reconstruction*. 2010. No. 3. Pp. 7–13. (rus).
11. Fehling E., Ismail M., Samaan S. Biegezugversuche an Planziegelmauerwerk [Bending tensile tests on flat brick masonry]. *Masonry*. 2015. No. 5. Pp. 355–362.
12. Pfetzing T. Zur Schubtragfähigkeit von Mauerwerksscheiben mit teilweise aufliegender Deckenplatte [Shear capacity of masonry slabs with a partially supported floor slab]. *Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau*. 2020. No. 35. 195 p.
13. Lavado L., Gallardo J. Shear strength of brick mortar interface for masonry in Lima city. *Tecnia*. 2019. Vol. 29. No. 2. Pp. 57–63.
14. Beconcini M.L., Croce P., Formichi P., Landi F., Benedetta P. Experimental Evaluation of Shear Behavior of Stone Masonry Wall. *Materials (Basel)*. 2021. Vol. 14. No. 9. 13 p.
15. Wilding B.V., Godio M., Beyer K. The ratio of shear to elastic modulus of in-plane loaded masonry. *Materials and Structures*. 2020. Vol. 53. No. 2. Pp. 83–98.
16. Kozłowski M., Galman I., Jasiński R. Finite Element Study on the Shear Capacity of Traditional Joints between Walls Made of AAC Masonry Units. *Materials (Basel)*. 2020. Vol. 13. No. 18. Pp. 34–47.

17. Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk: EN 1996-1-1:2005 [Eurocode 6: Design and construction of masonry buildings. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry]. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2005. 127 p.
18. Kamennye i armokamennye konstrukcii. Stroitel'nye normy proektirovaniya: SP 5.02.01-2021 [Masonry and reinforced masonry structures. Building design standards]. Minsk: MAiS, 2021. 116 p. (rus).
19. Metody ispytaniy kamennoj kladki. CHast' 3. Opredelenie nachal'noj prochnosti pri sdvige: STB EN 1052-3-2017 [Test methods for masonry. Part 3. Determination of initial shear strength]. Minsk: RUP «Strojtekhnorm», 2018. 17 p. (rus).
20. Metody ispytaniy izdelij dlya kamennoj kladki. CHast' 1. Opredelenie prochnosti pri szhatii: STB EN 772-1-2014 [Test methods for masonry products. Part 1. Determination of compressive strength]. Minsk: RUP «Strojtekhnorm», 2015. 16 p. (rus).
21. Metody ispytaniy rastvorov dlya kamennoj kladki. CHast' 11. Opredelenie prochnosti zatverdevshego rastvora pri izgibe i szhatii: STB EN 1015-11-2012 [Test methods for masonry mortars. Part 11. Determination of the strength of a hardened mortar in bending and compression]. Minsk: RUP «Strojtekhnorm», 2013. 14 p. (rus).
22. Granovskiy A.V., Sayfulina N.Yu., Ivanova G.M., Efimenko M.N. Sejsmostojkost' sten iz krupnoformatnyh keramicheskikh porizovannyh (shlifovannyh) mnogopustotnyh kamnej na kleevom rastvore [Seismic resistance of walls made of large-format ceramic porous (polished) multi-hollow masonry elements with adhesive mortar]. *Industrial and Civil Construction*. 2013. No. 6. Pp. 67–70. (rus).
23. Derkach V.N. Prochnost' kasatel'nogo scepneniya cementnyh rastvorov v kamennoj kladke [Shear strength of cement mortars in masonry]. *Engineering and Construction Journal*. 2012. No. 3(29). Pp. 19–28. (rus).
24. Demchuk I.E. Predel'nye znacheniya prochnosti kamennoj kladki pri sdvige v Nacional'nom prilozhenii k Evrokodu 6 [Limit values for the shear strength of masonry in the National Annex to Eurocode 6]. *Aktual'nye problemy innovacionnoj podgotovki inzhenernyh kadrov pri perekhode stroitel'noj otrasli na evropejskie standarty*. Minsk: BNTU, 2015. Pp. 77–89. (rus).
25. Demchuk I.E. Experimental and theoretical studies of masonry under shear with compression // *Vestnik BrGTU*. 2016. № 1(97): Construction and Architecture. С. 112-116.
26. Code of rules. Stone and reinforced stone structures. Actualized edition of SNiP II-22-81: SP 15.13330.2020- Vved. 1.07.2021.- M.: Ministry of Construction of Russia, 2021. 124 c.

Информация об авторах:

Деркач Валерий Николаевич

Филиал Научно-технический центр РУП «СТРОЙТЕХНОРМ», г. Брест, Республика Беларусь, доктор технических наук, профессор, директор.
E-mail: v-derkach@yandex.ru

Демчук Игорь Евгеньевич

Филиал Научно-технический центр РУП «СТРОЙТЕХНОРМ», г. Брест, Республика Беларусь, кандидат технических наук, заведующий лабораторией.
E-mail: 7263712@mail.ru

Матяс Павел Игоревич

Филиал Научно-технический центр РУП «СТРОЙТЕХНОРМ», г. Брест, Республика Беларусь, ведущий инженер-конструктор.
E-mail: matyas.ntc@gmail.com

Information about authors:

Derkach Valery N.

Branch office Scientific-Technical Center of the RUE "STROYTECHNORM", Brest, Republic of Belarus, doctor of Technical Sciences, professor, Director.
E-mail: v-derkach@yandex.ru

Demchuk Igor E.

Branch office Scientific-Technical Center of the RUE "STROYTECHNORM", Brest, Republic of Belarus, candidate of Technical Sciences, Head of the laboratory.
E-mail: 7263712@mail.ru

Matyas Pavel I.

Branch office Scientific-Technical Center of the RUE "STROYTECHNORM", Brest, Republic of Belarus, candidate of Technical Sciences, Principal Design Engineer.
E-mail: matyas.ntc@gmail.com