

А.В. ГАЛАЛЮК¹, В.Н. ДЕРКАЧ¹

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

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕННОЙ КЛАДКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Выполнен анализ известных методов оценки прочности на сжатие и модуля упругости существующих каменных конструкций. Приведен метод определения механических характеристик каменной кладки, основанный на испытаниях, вырезанных из тела кладки образцов в виде треугольных призм. Выполнено сопоставление прочности на сжатие, начальной прочности при сдвиге и угла внутреннего трения, полученных по результатам испытаний образцов-призм, с результатами испытаний образцов кладки, в соответствии со стандартами СТБ EN 1052-1 и СТБ EN 1052-3. Показано удовлетворительное согласование значений прочности кладки на сжатие и секущего модуля упругости полученных испытаниями призм сжимающей нагрузкой, действующей перпендикулярно плоскости горизонтальных растворных швов, с результатами испытаний по методике СТБ EN 1052-1. Начальная прочность на сдвиг каменной кладки, полученная по результатам испытаний согласно СТБ EN 1052-3, отличалась в меньшую сторону от прочности, установленной по результатам испытаний образцов-призм на сжатие, при этом значения угла внутреннего трения, определенные двумя методами, были близки.

Ключевые слова: существующие здания, каменная кладка, прочность на сжатие, модуль упругости, прочность на сдвиг.

A.V. HALALIUK¹, V.N. DERKACH¹

¹Branch office of the RUE «Institute BelNIIS» - Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus

EVALUATION OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE MASONRY IN EXISTING BUILDINGS

Abstract. An analysis of known methods for evaluation the compressive strength and modulus of elasticity of existing masonry structures have been carried out. A method for determining the mechanical characteristics of masonry, based on tests of the specimens cutted from the body of the masonry in the form of triangular prisms have been given. Comparison of compressive strength, initial shear strength and angle of internal friction, obtained from the results of tests of prism specimens, with the results of tests of masonry specimens in accordance with the standards STB EN 1052-1 and STB EN 1052-3 has been carried out. Satisfactory agreement between the values of the compressive strength of the masonry and the secant modulus of elasticity obtained by testing the prisms with a compressive load acting perpendicular to the plane of the horizontal mortar joints with the test results according to the STB EN 1052-1 method has been shown. The initial shear strength of masonry, obtained from the results of tests according to STB EN 1052-3, differed downward from the strength established from the results of tests of prism specimens for compression, while the values of the angle of internal friction determined by the two methods were close.

Keywords: existing buildings, masonry, compressive strength, modulus of elasticity, shear strength.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимин С.С., Кокоткова О.Д., Беспалов В.В. Сводчатые конструкции исторических зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 2(29). С. 57–62.
2. Беспалов В.В., Зимин С.С. Прочность каменной кладки сводчатых конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 11(50). С. 37–51.
3. Орлович Р.Б., Беспалов В.В., Семенова М.Д. О совместной работе каменных арок и стен // Строительство и реконструкция. 2018. № 5(79). С. 32–40.
4. Орлович Р.Б., Зимин С.С. Устройство сквозных проемов в каменных сводах исторических зданий // Строительство и реконструкция. 2022. № 6(104). С. 69–77.
5. Lourenco P.V. Computational strategies for masonry structures: PhD Dissertation // Delfi University of Technology. Delfi University Press. The Netherlands. 1996. 210 p.
6. Malyszko L. Modelowanie zniszczenia w konstrukcjach murowych z uzglednieniem anizotropii. Olsztyn: UWM, 2005. 158 p.
7. Кабанцев О.В. Структурный анализ процесса пластического деформирования и разрушения каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. ISSUE 3. Vol. 11(4). Pp. 36–51.
8. Пангаев В.В., Албаут Г.И., Федоров А.В., Табанюхова М.В. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния каменной кладки при сжатии // Изв. Вузов. Строительство. 2003. № 2. С. 24–29.
9. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций. М: АСВ, 2010. 104 с.
10. Кашеварова Г.Г., Зобачева А.Ю. Моделирование процесса разрушения кирпичной кладки // Вестн. Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. 2010. № 1. С. 106–116.
11. Kozłowski M, Galman I, Jasiński R. Finite Element Study on the Shear Capacity of Traditional Joints between Walls Made of AAC Masonry Units // Materials. 2020, 18, 4035. 23 p. doi:10.3390/ma13184035.
12. Derkach V., Galalyuk A. Calculation model of the Anisotropy of Strength at Compression of Masonry // Research, Design & Cad in Construction: Theory and Practice (RDCAD 2021): MATEC Web of Conferences 350, 00003 (2021), Brest, Belarus, December, 2021. 6 p.
13. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе: ГОСТ Р 58527-2019. Введ. 01.01.2021. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
14. Растворы строительные. Методы испытаний: ГОСТ 5802-86. Введ. 11.12.1985. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985. 22 с.
15. Testing of mortars containing mineral binders - Part 9: Determination the compressive strength of hardened mortar: DIN 18555-9: 2019. Published 04.01.2019. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2019. 14 p.
16. Деркач В.Н. Каменные и армокаменные конструкции. Оценка технического состояния, ремонт и усиление. Минск: СтройМедиаПроект, 2021. 256 с.
17. UIC – International Union of Railways: UIC Code. Recommendations for the Inspection, Assessment, Reliability and Maintenance of Masonry Arch Bridges. final draft, 2008. 16 p.
18. Методы испытаний каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии: СТБ EN 1052-1-2015. Введ. 01.11.2015. Минск: РУП «Стройтехнорм», 2015. 12 с.
19. Gaber K., Kupper R. Vorschlag für ein neues Verfahren zur Prüfung der Druckfestigkeit von bestehendem Mauerwerk // Mauerwerk. 2012. No. 16. Heft 6. Pp. 297–300.
20. 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.
21. Галалюк А.В. Прочность каменной кладки при сжатии под различными углами к горизонтальным растворным швам // Строительная наука. 2014: теория, образование, практика, инновации (посвящается 55-летию ИСиА САФУ). Сборник трудов междунар. научно-техн. конф., г. Архангельск, 22–23 мая 2014 г. Под ред. Лабудина Б.В. Архангельск: Изд-во ООО «Типография «ТОЧКА». 2014. С. 68–73.
22. Деркач В.Н. Оценка анизотропии прочности при сжатии каменной кладки при обследовании зданий старой постройки // Вестник БрГТУ. Строительство и архитектура. 2019. № 1. С. 58–61.
23. Nowak R., Kania T., Derkach V., Orłowicz R., Halaliuk A., Ekiert E., Jaworski R. Strength Parameters of Clay Brick Walls with Various Directions of Force // Materials. 2021. No. 14(21), Pp. 6461. <https://doi.org/10.3390/ma14216461>

REFERENCES

1. Zimin S.S., Kokotkova O.D., Bespalov V.V. Svodchatye konstrukcii istoricheskikh zdaniy [Vaulted structures of historic buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. 2015. Vol. 29. No. 2. Pp. 57-62. (rus)
2. Bespalov V.V., Zimin S.S. Prochnost' kamennoj kladki svodchatyh konstrukcij [The strength of vaulted masonry structures]. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. 2016. Vol. 50. No. 11. Pp. 37-51. (rus)
3. Orlovich R. B., Bespalov V.V., Semenova M.D. O sovместной rabote kamennyh arok i sten [About the joint work of masonry arches and walls]. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2018. Vol. 79. No. 5. Pp. 32-40. (rus)
4. Orlovich R.B., Zimin S.S. Ustrojstvo skvoznyh proemov v kamennyh svodah istoricheskikh zdaniy. [Arrangement of through openings in the masonry vaults of historical buildings]. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2022. Vol. 104. No. 6. Pp. 69-77. (rus)
5. Lourenco P.B. Computational strategies for masonry structures: PhD Dissertation. *Delfi University of Technology. Delfi University Press. The Netherlands*. 1996. 210 p.
6. Malyszko L. Modelowanie zniszczenia w konstrukcyach murowych z uzglednieniem anizotropii. Olsztyn: UWM, 2005. 158 p.
7. Kabancev O.V. Strukturnyj analiz processa plasticheskogo deformirovaniya i razrusheniya kamennoj kladki v usloviyah dvuhosnogo napryazhennogo sostoyaniya [Structural analysis of the process of plastic deformation and destruction of masonry under biaxial stress conditions]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2015. ISSUE 3. Vol. 11(4). Pp. 36-51. (rus)
8. Pangaev V.V., Al'baut G.I., Fedorov A.V., Tabanyuhova M.V. Model'nye issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kamennoj kladki pri szhatii [Model studies of the stress-strain state of masonry under compression]. *Izv. Vuzov. Stroitel'stvo*. 2003. No. 2. Pp. 24-29 (rus)
9. Sokolov B.S., Antakov A.B. Issledovaniya szhatyh elementov kamennyh i armokamennyh konstrukcij [Studies of compressed elements of masonry and reinforced masonry structures]. M: ASV, 2010. 104 p. (rus)
10. Kashevarova G.G., Zobacheva A.YU. Modelirovanie processa razrusheniya kirpichnoj kladki [Modelling of the process of destruction of masonry]. *Vestn. Perm. nac. issled. politekhn. un-ta. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2010. No. 1. Pp. 106–116. (rus)
11. Kozłowski M, Galman I, Jasiński R. Finite Element Study on the Shear Capacity of Traditional Joints between Walls Made of AAC Masonry Units // *Materials*. 2020, 18, 4035. 23 p. doi:10.3390/ma13184035.
12. Derkach V., Galalyuk A. Calculation model of the Anisotropy of Strength at Compression of Masonry // Research, Design & Cad in Construction: Theory and Practice (RDCAD 2021): MATEC Web of Conferences 350, 00003 (2021), Brest, Belarus, December, 2021. 6 p.
13. Materialy stenovyye. Metody opredeleniya predelov prochnosti pri szhatii i izgibe: GOST R 58527-2019 [Masonry materials. Methods for determining the ultimate strength in compression and bending: GOST R 58527-2019.] // *Vved*. 01.01.2021. M.: Standartinform. 2019. 12 p. (rus)
14. Rastvory stroitel'nye. Metody ispytaniy: GOST 5802-86. [Building mortars. Test methods: GOST 5802-86] // *Vved*. 11.12.1985. M.: Gosudarstvennyj komitet SSSR po delam stroitel'stva. 1985. 22 p. (rus)
15. Testing of mortars containing mineral binders - Part 9: Determination the compressive strength of hardened mortar: DIN 18555-9: 2019. Published 04.01.2019. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2019. 14 p.
16. Derkach V.N. Kamennyye i armokamennyye konstrukcii. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya, remont i usilenie [Masonry and reinforced masonry structures. Assessment of the technical condition, repair and strengthening]. Minsk: StrojMediaProekt. 2021. 256 p (rus)
17. UIC – International Union of Railways: UIC Code. Recommendations for the Inspection, Assessment, Reliability and Maintenance of Masonry Arch Bridges. final draft, 2008. 16 p.
18. Metody ispytaniy kamennoj kladki. CHast' 1. Opredelenie prochnosti pri szhatii STB EN 1052-1-2015 [Test methods for masonry. Part 1. Determination of compressive strength: STB EN 1052-1-2015]. *Vved*. 01.11.2015. Minsk: RUP «Strojtekhnorm». 2015. 12 p. (rus)
19. Gaber K., Kupper R. Vorschlag für ein neues Verfahren zur Prüfung der Druckfestigkeit von bestehendem Mauerwerk. *Mauerwerk*. 2012. No.16. Heft 6. Pp. 297-300.
20. Metody ispytaniy kamennoj kladki. CHast' 3. Opredelenie nachal'noj prochnosti pri sdvige: STB EN 1052-3-2017 [Test methods for masonry. Part 1. Determination of the initial shear strength: STB EN 1052-3-2017]. *Vved*. 01.08.2018. Minsk: RUP «Strojtekhnorm». 2013. 17 p. (rus)
21. Galalyuk A.V. Prochnost' kamennoj kladki pri szhatii pod razlichnymi uglami k gorizontaln'ym rastvornym shvam [Compressive strength of masonry at different angles to horizontal mortar joints]. *Stroitel'naya nauka. 2014: teoriya, obrazovanie, praktika, innovacii (posvyashchaetsya 55-letiyu ISiA SAFU)*. Sbornik trudov mezhdunar. nauchno-tekhn. konf., g. Arhangel'sk, 22-23 maya 2014 g. Pod red. Labudina B.V. Arhangel'sk: Izd-vo OOO «Tipografiya «TOCHKA». 2014. Pp. 68-73. (rus)

22. Derkach V.N. Ocenka anizotropii prochnosti pri szhatii kamЕННОj kladki pri obsledovanii zdaniј staroј postrojki [Evaluation of anisotropy of compressive strength of masonry in the inspection of old buildings]. *Vestnik BrGTU. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2019. No. 1. Pp. 58-61. (rus)

23. Nowak R., Kania T., Derkach V., Orłowicz R., Halaliuk A., Ekiert E., Jaworski R. Strength Parameters of Clay Brick Walls with Various Directions of Force. *Materials*. 2021. No. 14(21), Pp. 6461. <https://doi.org/10.3390/ma14216461>.

Информация об авторах:

Галалиук Антон Владимирович

Филиал РУП «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г. Брест, Республика Беларусь, начальник отдела.

E-mail: Halaliuk@mail.ru

Деркач Валерий Николаевич

Филиал РУП «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр, г. Брест, Республика Беларусь, доктор технических наук, директор.

E-mail: v-derkatch@yandex.ru

Information about authors:

Halaliuk Anton V.

Branch office of the RUE «Institute BelNIIS» - Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus, head of department.

E-mail: Halaliuk@mail.ru

Derkach Valery N.

Branch office of the RUE «Institute BelNIIS» - Scientific-Technical Center, Brest, Republic of Belarus, doctor of technical sciences, director.

E-mail: v-derkatch@yandex.ru