

А.Н. МАЛАХОВА¹

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НАРУЖНЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

Аннотация. Для зданий исторической застройки городов, а также архитектурных доминантов городских и сельских поселений архитектурная привлекательность зданий часто создается путем возведения наружных несущих кирпичных стен, в том числе – многослойных, а также ненесущих наружных стен с отделочным слоем из лицевого кирпича. При проектировании ограждающих конструкций зданий, а также в процессе исследования и оценки технического состояния ограждающих конструкций построенных зданий возникает необходимость расчета (оценки) несущей способности наружных стен, необходимость оценки их долговечности. Объектом исследования является несущая способность и долговечность наружных стен зданий.

Выполнен обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы. Он показал, что подавляющее большинство научных публикаций касаются выбора конструктивных решений стен, назначения и использования новых строительных технологий и материалов, их технических характеристик, а также оценки энергоэффективности предлагаемых конструктивных решений наружных стен.

Приведены примеры дефектов наружного слоя многослойных несущих стен кирпичных зданий и рекомендации по обеспечению долговечности лицевого слоя кирпичной стены. Рассмотрены требования действующих строительных норм по расчету несущей способности многослойных кирпичных стен. Приведен пример расчета внецентренно сжатой многослойной кирпичной стены с приведенным (эквивалентным) расчетным двутавровым сечением. С целью упрощения расчета несущей способности для определения геометрических характеристик расчетного двутаврового сечения предложено использовать компьютерные программы. В частности, при кратковременном приложении нагрузок для определения напряжений и анализа напряженного состояния расчетного двутаврового сечения стены приведен пример использования программы конструктор сечений ПК ЛИРА-САПР. Показана необходимость рассмотрения распределения напряжений по сечению при кратковременном и длительном нагружении при проектировании многослойных кирпичных стен.

Ключевые слова: несущая способность наружных кирпичных стен зданий, долговечность наружных кирпичных стен, конструктивные решения наружных кирпичных стен, геометрические характеристики расчетного двутаврового сечения стены.

A.N. MALAKHOVA¹

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

BEARING CAPACITY AND DURABILITY OF EXTERNAL BRICK WALLS OF BUILDINGS

Abstract. For buildings of historical development of cities, as well as architectural dominants of urban and rural settlements, the architectural attractiveness of buildings is often created by erecting external load-bearing brick walls, including multilayer ones, as well as curtain external walls with a finishing layer of facing bricks. When designing building envelopes, as well as in the process of researching and assessing the technical condition of building envelopes, it becomes necessary to calculate (assess) the bearing capacity of external walls, to assess their durability. The object of research is the bearing capacity and durability of the outer walls of buildings.

A review of domestic and foreign scientific and technical literature has been carried out. He

showed that the overwhelming majority of scientific publications concern the choice of constructive solutions for walls, the purpose and use of new building technologies and materials, their technical characteristics, as well as the assessment of the energy efficiency of the proposed constructive solutions for external walls.

Examples of defects in the outer layer of multilayer bearing walls of brick buildings and recommendations for ensuring the durability of the front layer of a brick wall are given. The requirements of the current building codes for calculating the bearing capacity of multilayer brick walls are considered. An example of calculating an eccentrically compressed multilayer brick wall with equivalent calculated cross-section is given. In order to simplify the calculation of the bearing capacity, it is proposed to use computer programs to determine the geometric characteristics of the equivalent calculated cross-section. In particular, for a short-term application of loads to determine the stresses and analyze the stress state of the equivalent calculated cross-section of the wall, an example of using the program, the constructor of sections PK LIRA-SAPR, is given. It is shown that it is necessary to consider the distribution of stresses over the section under short-term and long-term loading in the design of multilayer brick walls.

Keywords: bearing capacity of external brick walls of buildings, durability of external brick walls, constructive solutions of external brick walls, geometric characteristics of the calculated double-T shape cross-section of the wall.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гликин С.М. Современные ограждающие конструкции и энергоэффективность зданий. Москва: ГУП ЦПП, 2003. 157 с.
2. Vivanocos Jose-Luis. A new model based on experimental results for thermal characterization of bricks. *Building and Environment*. 2009. 44. Pp. 1047-11052.
3. СП 15.13330.2020 (СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции).
4. Малахова А.Н. Конструктивные решения наружных стен кирпичных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. №1. С.22-23.
5. Малахова А.Н. Дефекты наружных стен здания в многослойной кирпичной кладке // Вестник МГСУ. 2014. №10. С.87-94.
6. Малахова А.Н., Балакшин А.С. Дефекты наружных кирпичных стен зданий, достраиваемых после длительного перерыва // Вестник МГСУ. 2011. №8. С.140-145.
7. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81). Москва: ВДПП Госстроя СССР, 1989. 154 с.
8. Умникова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты // Вестник МГСУ. 2013. №1. С.91-100.
9. Ельчищева Т.Э., Ельчищева М.М. Влияние режима заморозков на долговечность наружных ограждающих конструкций в Центрально-Черноземном регионе // Жилищное строительство. 2012. №6. С.32-34.
10. Bashir M. Suleiman. Thermal Load Calculations of Multilayered Walls. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2012. Vol. 6. № 4. Pp. 627-631.
11. Yumrutas R, Unsa M., Kanog M. Periodic solution of transient heat flow through multilayer walls and flat roofs by complex finite Fourier transform technique. *Building and Environment*. 2005. 40 (3). Pp. 1117-1126.
12. Гликин С.М. Наружные стены и стены подвалов с теплоизоляцией из пеностекла марки «Неопарм» // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №7. С.35-38.
13. Лившиц Д.В., Пономарев О.И., Ломова Л.М. Повышение долговечности и совершенствование конструкций наружных кирпичных и каменных стен энергоэффективных зданий // Сейсмическое строительство. Безопасность сооружений. 2008. №6. С.42-44.
14. Малахова А.Н. Теплозащитная и несущая способность наружных стен малоэтажных зданий. // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2008. №1(108). С. 82-83.
15. Курицина А.М., Фозилов П.А. Восстановление и улучшение эксплуатационных характеристик наружных стен зданий // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Братск 5. 2020. С.61-65.
16. Ющубе С.В., Подшивалов И.И., Филиппович А.А. Прочность кладки наружных стен из пустотелого керамического камня // Жилищное строительство. 2018. №1-2. С. 53-54.

17. Коновалов Д.И., Новосельцева Е.Л. Основные дефекты трехслойных кирпичных стен с облицовочным слоем из кирпича // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. Вятка. 2017. С. 1230-1235.
18. Куприянов В.Н., Иванцов А.И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций // Известия КГАСУ. 2011. № 3(17). С. 63—70.
19. Иванов Д.С., Дюндин В.Э., Павлова И.Л. Анализ применяемых конструктивных и технологических решений теплоэффективных наружных стен зданий // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2019. № 11. С. 352-355.
20. Турчаненко А.К., Смирнов С.И. Особенности проектирования трёхслойных ограждающих конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №10(25). С. 108-122.
21. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. №7. С. 76-87.
22. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 4. С. 55–61.
23. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий // Жилищное строительство. 2008. № 8. С. 48-54.
24. Панской П.А., Яковлев С.Г. Анализ влияния факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надёжность и долговечность многослойных теплоэффективных наружных стен зданий // Научные итоги года: достижения, проекты, гипотезы. 2011. № 1-1. С. 322-328.
25. Ананьев А.И., Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Теплотехнические свойства и долговечность наружных облицовочных слоев кирпичных стен зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №7. С. 22-30.
26. Ананьев А.И., Ананьев А.А. Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки // Academia. архитектура и строительство. 2010. №3. С. 352-356.
27. Курицына А.М., Фозилов П.А. Эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций // Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Братск, 2020. С. 57-60.
28. Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Ватин Н.И. Проектирование конструкций наружных стен зданий при неблагоприятном воздействии среды // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №8. С. 4-15.
29. Кварчия Г.Э., Чеснокова В.Д., Чередниченко Т.Ф. Влияние технологических решений устройства фасадных систем на их энергоэффективность // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: Труды международной научно-практической конференции. Волгоград. 2020. С. 151-155.
30. Деркач В.Н. Методы оценки прочности каменной кладки в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник белорусско-российского университета. 2010. № 3 (38). С. 135–142.
31. Деркач В.Н. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7. С. 14–20.
32. Копаница Д.Г. Экспериментальные исследования фрагментов кирпичной кладки на действие статической и динамической нагрузки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4. С. 157–178.
33. Тотурбиев Б.Д., Тотурбиева С.А. Многослойная облегченная блочная конструкция стен // Промышленное и гражданское строительство. 2019. №10. С. 35-41.
34. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. Москва: АСВ, 2009. 360с.

REFERENCES

1. Glikin S.M. Sovremennyye ograbdayushchiye konstruksii i energoeffektivnost' zdaniy [Modern building envelopes and energy efficiency of buildings]. Moscow: GUP TsPP, 2003. 157 p. (rus)
2. Vivanocos Jose-Luis. A new model based on experimental results for thermal characterization of bricks. Building and Environment. 2009 44. Pp. 1047-11052.
3. SP 15.13330.2020 (SNiP II-22-81 * Kamennyye i armokamennyye konstruksii [Stone and reinforced masonry structures]). (rus)
4. Malakhova A.N. Konstruktivnyye resheniya naruzhnykh sten kirpichnykh zdaniy [Constructive solutions for the outer walls of brick buildings]. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. 2009. No. 1. Pp. 22-23. (rus)
5. Malakhova A.N. Defekty naruzhnykh sten zdaniya v mnogoslnoy kirpichnoy kladke [Defects of the external walls of the building in multilayer brickwork]. Vestnik MGSU. 2014. No. 10. Pp. 87-94.

6. Malakhova A.N., Balakshin A.S. Defekty naruzhnykh kirpichnykh sten zdaniy, dostravayemykh posle dlitel'nogo pereryva [Defects of external brick walls of buildings being completed after a long break]. Vestnik MGSU. 2011. No. 8. Pp. 140-145. (rus)
7. Posobiye po proyektirovaniyu kamennykh i armokamennykh konstruksiy (k SNIIP II-22-81) [Manual for the design of stone and reinforced stone structures (to SNIIP II-22-81)]. Moscow: VDPP Gosstroy USSR, 1989. 154 p. (rus)
8. Umnikova N. P. Dolgovechnost' trekhslonnykh sten s oblitovkoy iz kirpicha s vysokim urovnem teplovoy zashchity [Durability of three-layer walls with brick cladding with a high level of thermal protection]. Vestnik MGSU. 2013. No. 1. Pp. 91-100. (rus)
9. Yelchischeva T.E., Elchishcheva M.M. Vliyaniye rezhima zamorozkov na dolgovechnost' naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy v Tsentral'no-Chernozemnom regione [Influence of the frost regime on the durability of external enclosing structures in the Central Black Earth region]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. No. 6. Pp. 32-34. (rus)
10. Bashir M. Suleiman. Thermal Load Calculations of Multilayered Walls. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012, Vol. 6. № 4. Pp. 627-631.
11. Yumrutas R, Unsa M., Kanog M. Periodic solution of transient heat flow through multilayer walls and flat roofs by complex finite Fourier transform technique. Building and Environment. 2005, 40 (3). Pp. 1117-1126.
12. Glikin S.M. Naruzhnyye steny i steny podvalov s teploizolyatsiyey iz penostekla marki «Neoparm» [Outside walls and walls of basements with thermal insulation made of foam glass brand "Neoparm"]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. No. 7. Pp. 35-38. (rus)
13. Livshits D.V., Ponomarev O.I., Lomova L.M. Povysheniye dolgovechnosti i sovershenstvovaniye konstruksiy naruzhnykh kirpichnykh i kamennykh sten energoeffektivnykh zdaniy [Increasing durability and improving the structures of external brick and stone walls of energy-efficient buildings]. Seismicheskoe stroitel'stvo. Safety of structures. 2008. No. 6. Pp. 42-44. (rus)
14. Malakhova A.N. Teplozashchitnaya i nesushchaya sposobnost' naruzhnykh sten maloetazhnykh zdaniy [Heat-shielding and bearing capacity of the outer walls of low-rise buildings]. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii xxi veka. 2008. No. 1 (108). Pp. 82-83. (rus)
15. Kuritsyna A.M., Fozilov P.A. Vosstanovleniye i uluchsheniye ekspluatatsionnykh kharakteristik naruzhnykh sten zdaniy [Restoration and improvement of the operational characteristics of the outer walls of buildings] Materialy xii Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh. [Young thought: science, technology, innovation: Materials of the xii All-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists]. Bratsk. 2020. Pp. 61-65. (rus)
16. Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Filippovich A.A. Prochnost' kladki naruzhnykh sten iz pustotologo keramicheskogo kamnya [Strength of masonry of external walls made of hollow ceramic stone]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2018. No. 1-2. Pp. 52-54. (rus)
17. Konovalov D.I., Novoseltseva E.L. Osnovnyye defekty trekhslonnykh kirpichnykh sten s oblitovochnym sloyem iz kirpicha [The main defects of three-layer brick walls with a facing layer of brick]. Obshchestvo. Nauka. Innovatsii (NPK-2017): Vserossiyskaya yezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. [Society. The science. Innovations (NPK-2017): All-Russian annual scientific and practical conference]. Vyatka State University. Vyatka. 2017. Pp. 1230-1235. (rus)
18. Kupriyanov V.N., Ivantsov A.I. K voprosu o dolgovechnosti mnogoslonykh ograzhdayushchikh konstruksiy [To the question of the durability of multilayer enclosing structures]. Izvestiya KGASU. 2011. No. 3 (17). Pp. 63-70. (rus)
19. Ivanov D.S., Dyundin V.E., Pavlova I.L. Analiz primenyayemykh konstruktivnykh i tekhnologicheskikh resheniy teploeffektivnykh naruzhnykh sten zdaniy [Analysis of the applied constructive and technological solutions of heat-efficient external walls of buildings]. Resursoenergoeffektivnyye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2019. No. 11. Pp. 352-355. (rus)
20. Turchanenko A.K., Smirnov S.I. Osobennosti proyektirovaniya trokhslonnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Features of the design of three-layer enclosing structures]. Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. No. 10 (25). Pp. 108-122. (rus)
21. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Sovremennyye energoeffektivnyye konstruksionnyye i oblitovochnyye stroitel'nyye materialy [Modern energy-efficient structural and facing building materials]. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 7. Pp. 76-87. (rus)
22. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Kharakteristika sovremennykh materialov dlya oblitovki fasadov i tsokoley zdaniy i sooruzheniy [Characteristics of modern materials for facing facades and basements of buildings and structures]. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 4. Pp. 55–61. (rus)
23. Lobov O.I., Ananiev A.I. Dolgovechnost' naruzhnykh sten sovremennykh mnogoetazhnykh zdaniy [Durability of external walls of modern multi-storey buildings]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2008. No. 8. Pp. 48-54. (rus)
24. Panskoy P.A., Yakovlev S.G. [Analysis of the influence of factors affecting the operational reliability and durability of multilayer heat-efficient external walls of buildings]. Nauchnyye itogi goda: dostizheniya, proyekty, gipotezy. 2011. No. 1-1. Pp. 322-328. (rus)
25. Ananiev A.I., Rymarov A.G., Titkov D.G. [Thermal properties and durability of external facing layers of brick walls of buildings]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2021. No. 7. Pp. 22-30. (rus)

26. Anan'ev A.I., Anan'ev A.A. Dolgovechnost' i energoeffektivnost' naruzhnykh sten iz oblegchennoy kirpichnoy kladki [Durability and energy efficiency of external walls made of lightweight brickwork]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3. Pp. 352-356. (rus)
27. Kuritsyna A.M., Fozilov P.A. Eksploatatsionnyye kharakteristiki ograzhdayushchikh konstruksiy [Operational characteristics of enclosing structures]. *Molodaya mysl': nauka, tekhnologii, innovatsii: Materialy xii Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh*. [Young thought: science, technology, innovation: Materials of the xii All-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists]. Bratsk, 2020. Pp. 57-60. (rus)
28. Erofeev V.T., Elchishcheva T.F., Vatin N.I. Proyektirovaniye konstruksiy naruzhnykh sten zdaniy pri neblagopriyatnom vozdeystvii sred [Design of structures of external walls of buildings under adverse environmental impact]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020. No. 8. Pp. 4-15. (rus)
29. Kvarchia G.E., Chesnokova V.D., Cherednichenko T.F. Vliyaniye tekhnologicheskikh resheniy ustroystva fasadnykh sistem na ikh energoeffektivnost' [The influence of technological solutions for the device of facade systems on their energy efficiency]. *Aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Actual problems and prospects for the development of the building complex: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Volgograd. 2020. Pp. 151-155. (rus)
30. Derkach V.N. Metody otsenki prochnosti kamennoy kladki v otechestvennoy i zarubezhnoy praktike obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy [Methods for assessing the strength of masonry in domestic and foreign practice of inspection of buildings and structures]. *Vestnik belorussko-rossiyskogo universiteta*. 2010. No. 3 (38). Pp. 135-142. (rus)
31. Derkach V.N. Ekspertiza i tekhnologiya usileniya kamennykh konstruksiy [Expertise and technology of reinforcement of stone structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2010. No. 7. Pp. 14-20. (rus)
32. Kopanitsa D.G. Eksperimental'nyye issledovaniya fragmentov kirpichnoy kladki na deystviye staticheskoy i dinamicheskoy nagruzki. [Experimental studies of fragments of brickwork on the action of static and dynamic loads]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012. No. 4. Pp. 157-178. (rus)
33. Toturbiev B.D., Toturbieva S.A. [Multilayer lightweight block construction of walls]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019. No. 10. Pp. 35-41. (rus)
34. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Komp'yuternyye modeli konstruksiy. [Computer models of structures]. Moscow: ASV, 2009. 360 p.

Информация об авторе:

Малахова Анна Николаевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: gbk@mgsu.ru

Information about author:

Malakhova Anna N.

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia,

candidate of technical science, associated professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

E-mail: gbk@mgsu.ru