

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 4. С. 176–188.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (4): 176–188.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-176-188

EDN: RETTIA

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ БУТОВОГО ФУНДАМЕНТА НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ КИРПИЧНЫХ СТЕН ЗДАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

**С.В. Ющубе, И.И. Подшивалов, А.А. Тарасов,
А.В. Бурмин, В.Л. Устюжанин**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. Объектом исследования является двухэтажное кирпичное здание постройки 1854 г., длительное время (в течение 168 лет) бывшее в эксплуатации и получившее значительные деформации стен и столбов.

Целью работы стало определение несущей способности стен и столбов здания в условиях значительных перемещений бутового фундамента, расположенного на нестабильном грунтовом основании.

Вследствие негативного воздействия многократного промораживания и оттаивания грунтов, сил морозного пучения на бутовый фундамент и геотехнического влияния со стороны р. Томи, выражающегося в значительном колебании уровня воды в меженный и паводковый периоды и его гидравлической связи с подземными водами в основании здания, фундаменты получили существенные и неравномерные осадки. В результате воздействий пространственная жесткость здания исторической застройки оказалась нарушена с образованием трещин в кирпичных стенах и столбах.

По материалам обследования было выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния здания в программном комплексе Ing+2021 MicroFe с разработкой конечно-элементной расчетной модели.

Полученные результаты позволили разработать рекомендации по обеспечению необходимой пространственной жесткости кирпичного здания путем усиления с внешней стороны наружных стен напрягаемыми стальными тяжами, расположенными в уровне междуэтажного и чердачного перекрытий.

Ключевые слова: кирпичное здание, стены, столбы, бутовый фундамент, неравномерные перемещения, деформации, расчетная модель, пространственная жесткость, усиление

Для цитирования: Ющубе С.В., Подшивалов И.И., Тарасов А.А., Бурмин А.В., Устюжанин В.Л. Влияние неравномерных перемещений бутового фундамента на несущую способность кирпичных стен здания исторической застройки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 4. С. 176–188. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-176-188. EDN: RETTIA

ORIGINAL ARTICLE

THE INFLUENCE OF NONUNIFORM MOVEMENT OF RUBBLE FOUNDATION ON BEARING CAPACITY OF BRICK WALLS OF A HISTORIC BUILDING

S.V. Yushchube, I.I. Podshivalov, A.A. Tarasov,

A.V. Burmin, V.L. Ustyuzhanin

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. *Purpose:* The aim of the work is to determine the bearing capacity of walls and columns of the building during significant movement of its natural-stone foundation on unstable soil.

Methodology: The finite-element model of stress-strain state is developed by using Ing+2021 MicroFe software package.

Research findings: During 168 years of the long-term service since 1854, the negative effect from soil frost-thawing, frost heave of the rubble foundation, and geotechnical influence of the Tom river, provided a significant fluctuation of the water level during low-water and flood periods. The foundation was considerably settled, that disturbed the spatial rigidity of the historic building.

Practical implications: The obtained results can be used to develop recommendations for ensuring necessary spatial rigidity of the brick building via the reinforcement of exterior walls with tensioned steel ties on inter-floor and attic ceilings.

Keywords: brick building; walls, column, rubble foundation; nonuniform movement, deformation; theoretical model; spatial rigidity; reinforcement

For citation: Yushchube S.V., Podshivalov I.I., Tarasov A.A., Burmin A.V., Ustyuzhanin V.L. The influence of nonuniform movement of rubble foundation on bearing capacity of brick walls of a historic building. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (4): 176–188. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-176-188. EDN: RETTIA

Введение

Для зданий исторической застройки характерен длительный период эксплуатации. Как правило, стены таких зданий возводили из красного глиняного кирпича на известково-песчаном растворе. Фундаменты выполнялись из бута, реже из красного кирпича, также на известково-песчаном растворе. Иногда между бутовым камнем просто пересыпался песок. Под подошвой для выравнивания основания нередко укладывали деревянные лежни и настилы,

иногда отсыпался слой песка. В ходе эксплуатации зданий исторической застройки довольно часто возникала деструкция бутовой кладки с вымыванием раствора и выпадением отдельных камней под воздействием сезонного промерзания-оттаивания и сил морозного пучения [1], происходило гниение деревянных лежней.

Появление и развитие трещин вертикальной ориентации в кирпичных стенах зданий может быть обусловлено локальными разрушениями бутовых фундаментов, причинами которых, как правило, является выщелачивание кладочного раствора из-за негативного геотехнического воздействия или некачественного выполнения фундаментов [2]. Например, расчетное сопротивление кладки фундамента при прочности бута в водонасыщенном состоянии, соответствующей марке М50, и остаточной прочности раствора, соответствующей марке М4, с учетом снижения несущей способности кладки при средней степени ее разрушения по табл. 8¹ будет составлять $R = 0,75 \times 0,6 = 0,45$ МПа, что сопоставимо с расчетным сопротивлением грунта.

Характеру трещинообразования, при котором за счет равномерных деформаций кладки появляются вертикальные трещины в стенах, соответствуют экспериментальные исследования кладки по классической схеме, когда сжатие образцов происходит в ортогональном направлении к горизонтальным швам кладки. При нагружении фрагментов кладки возникновение первых трещин происходит в результате появления напряжений изгиба и среза отдельных кирпичей за счет неравномерной плотности раствора в швах. Разрушение кирпича от сжатия возникает на стадии, когда образец расчленен вертикальными трещинами на отдельные элементы [3].

В случае неравномерных деформаций кладки, когда имеются наклонные трещины в стенах, наиболее близкими к такому напряженно-деформированному состоянию являются экспериментальные исследования на действие сжимающей нагрузки, приложенной по диагонали фрагментов кирпичной кладки. Установлено, что при нагружении этих фрагментов в процессе перераспределения внутренних усилий преобладающее значение получили главные растягивающие деформации, которые явились основной причиной разрушения испытуемых образцов [4, 5].

Монолитность кирпичной кладки стен зданий определяется главным образом величиной нормальных и касательных сил сцепления ее материалов. Поскольку в хрупком каменном материале предел упругости близок к пределу прочности при сжатии, то при достижении последнего параметра происходит истощение несущей способности и разрушение кладки [6].

Восстановление и усиление кирпичной кладки можно осуществить различными способами, в том числе устройством железобетонных, металлических или армированных растворных обойм. В этом случае кладка работает в условиях всестороннего сжатия и ограничения свободы ее поперечного расширения, что позволяет увеличить ее сопротивляемость внешним воздействиям [7].

¹ Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий // ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Москва, 1988. С. 35.

Экспериментальные исследования образцов старой кладки, усиленных новой кладкой, с их взаимной перевязкой, показали, что их несущая способность примерно в два раза ниже, чем эталонных образцов из монолитной кладки [8].

В работе [9] приведены результаты экспериментальных исследований фрагментов каменной кладки по влиянию композитных материалов на основе углеродных волокон на несущую способность и деформативность фрагментов при действии статической нагрузки, где определен механизм работы усиленных образцов, а также влияние элементов усиления на изменение несущей способности каменной кладки.

Инъектирование, как способ заделки трещин в кирпичных стенах, позволяет заполнить трещины и пустоты в кладке, увеличить плотность конструкции. Основой инъекционных материалов являются полимерцементные композиции [10].

В настоящее время достаточно успешно выполняется моделирование в расчетных комплексах конструкций из каменных материалов любой, в том числе достаточно сложной геометрической конфигурации и конструктивной схемы, а также с учетом ортотропных свойств материалов кладки [11]. Разрабатываются подходы к расчету методом конечных элементов каменной кладки при плоском напряженном состоянии в областях отрыва и сдвига двухуровневым методом, когда свойства кладки исследуются на ограниченном в габаритах фрагменте в виде микромоделей, а затем полученными параметрами наделяется кладка всей конструкции в макромоделей [12].

В исследовании [13] разработана методика расчета на основе теории сопротивления анизотропных материалов, которая позволяет выявить особенности напряженно-деформированного состояния и характера разрушения конструкций из каменной кладки.

Численные исследования, выполненные на основе разработанной дискретной модели каменной кладки, позволяют оценить степень влияния деформационного и прочностного параметров на схему упругопластического деформирования модели, а также определить резервы несущей способности каменных конструкций [14].

При проведении геотехнического мониторинга здания, получившего значительные неравномерные осадки фундамента, как правило, выполняются следующие работы: инструментальное обследование строительных конструкций и фундамента; геодезические измерения деформаций здания; дополнительные инженерно-геологические изыскания; поверочные расчеты [15]. По результатам выполненных работ предлагаются рекомендации и технические решения по восстановлению эксплуатационной пригодности здания [16].

Результаты исследования

В статье рассматривается здание – биржевой корпус постройки 1854 г., который представляет собой двухэтажное кирпичное прямоугольное в плане здание без подвала. По периметру объекта с трех сторон устроена открытая обходная галерея, обрамляющая западный, северный и восточный фасады. Биржевой корпус использовался как универсальное торговое заведение.

Конструктивная схема здания биржи столбчато-стеновая, состоит из кирпичных продольных и поперечных несущих стен во внутреннем теплом контуре и из кирпичных столбов и колонн во внешнем холодном контуре галереи (рис. 1). Фундамент бутовый ленточного типа.

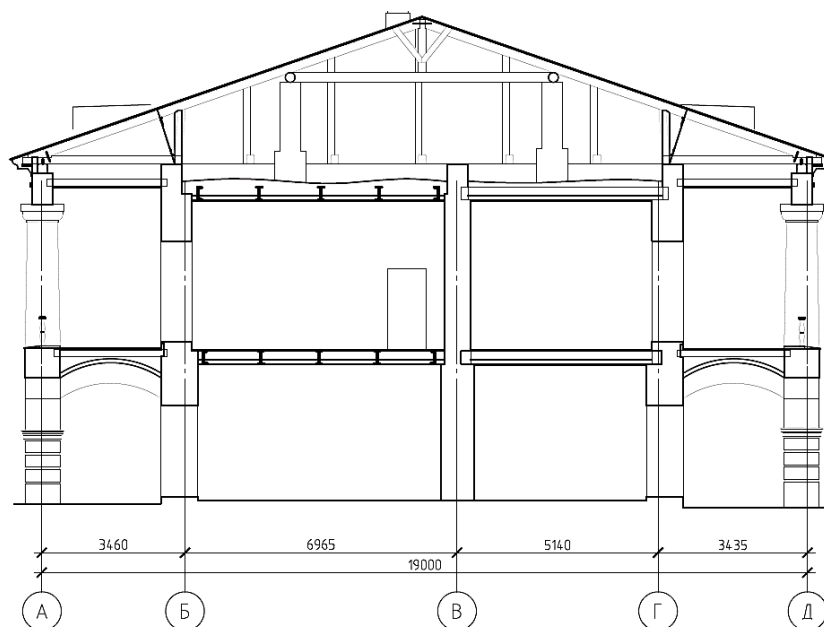


Рис. 1. Схема поперечного разреза здания
Fig. 1. Cross-sectional view of the building

При обследовании здания было установлено, что во внутреннем теплом контуре в уровне межэтажного и чердачного перекрытий по всем наружным и внутренним стенам проложены настенные связи из кованных пластин «на ребро» высотой 80 мм, толщиной 20–30 мм. Настенные связи длиной 4–6 м соединены между собой по углам и по длине стен коваными обухами, состоящими, с одной стороны, из петли, а с другой – из обхватывающей вилки с двумя петлями. В кованные обухи вставляются штыри длиной 70–75 мм, диаметром 25–30 мм. В наружных стенах настенные связи расположены на глубине 150 мм с внешней стороны, во внутренних стенах – посередине. Кроме того, в уровне каждого перекрытия кованные связи проложены также от столбов галереи к наружным стенам внутреннего теплого контура. Чердачное и междуэтажное перекрытия внутреннего теплого контура сталежелезобетонные, выполнены из прокатных металлических балок из двутавра I30 и из швеллера U30 (расположены вдоль стен), раскрепленных снизу монолитными железобетонными плитами толщиной 80 мм.

Во внешнем холодном контуре галерея первого этажа состоит из кирпичных столбов по фасаду и монолитных железобетонных крестовых сводов, которые заменили собой ранее существовавшие кирпичные своды. Крестовые своды состоят из скорлупы толщиной 100 мм с контурными размерами

в плане 2800×2450 мм. Скорлупа свода по контуру монолитно сопряжена с четырьмя подпружными монолитными железобетонными арками, образуя единую пространственную конструкцию. По фасаду подпружные арки облицованы кирпичной кладкой. Галерея второго этажа представляет собой колоннаду из круглых кирпичных столбов диаметром 870 мм.

При обследовании здания было обнаружено интенсивное трещинообразование в стенах и столбах с различной ориентацией трещин и значительной шириной их раскрытия до 20 мм. Основной причиной повреждения стен и столбов явились неравномерные осадки бутового фундамента, вызванные нестабильностью грунтового основания, которые продолжают накапливаться и в настоящее время.

В программном комплексе Ing+2021 MicroFe была разработана конечно-элементная модель здания (рис. 2). Все материалы конструкций приняты изотропными, за исключением кирпичных стен и столбов, у которых материал принят ортотропным, где вертикальный модуль упругости кирпичной кладки принят в десять раз больше горизонтального модуля упругости, что хорошо коррелирует с принятой практикой расчета каменных конструкций.

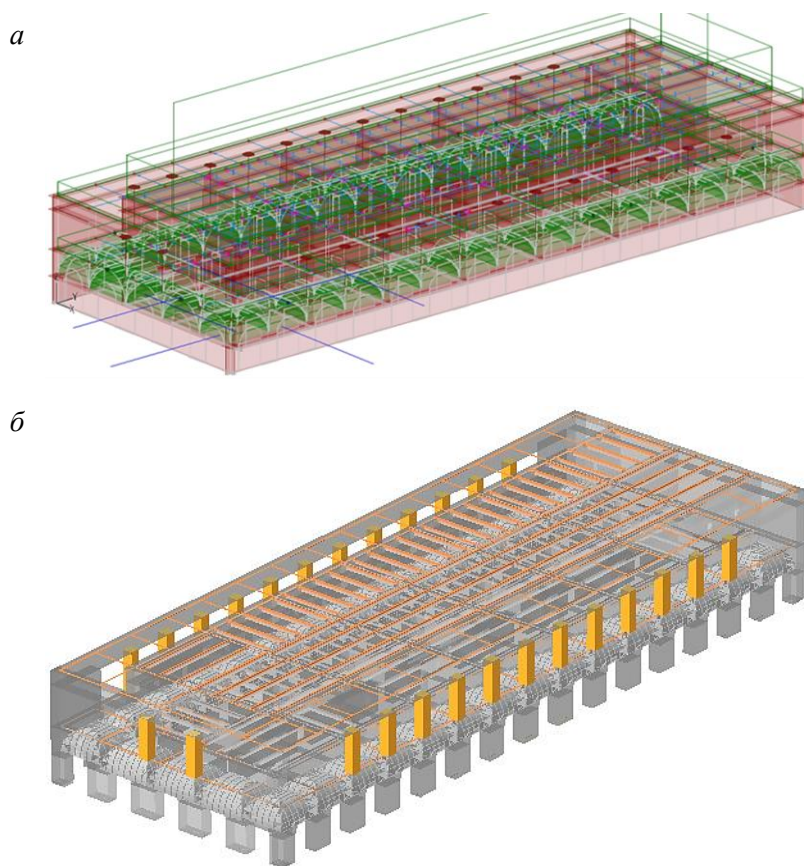


Рис. 2. Расчетная конечно-элементная модель здания (а) и ее визуализация (б)
Fig. 2. Finite element model of the building (a) and its visualization (b)

Опираение кирпичных стен и столбов на ленточный бутовый фундамент принято шарнирно-неподвижным. Интегральное влияние на здание неравномерных перемещений бутового фундамента принято по фактически определенным осадкам стен и столбов (рис. 3), полученным из результатов наземного лазерного сканирования рассматриваемого здания.

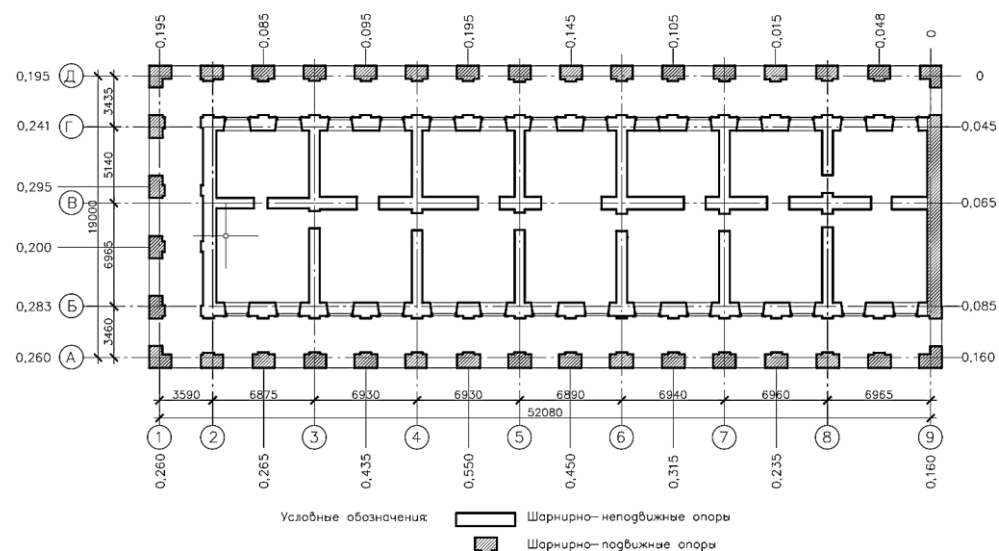


Рис. 3. Значения вертикальных перемещений по низу стен и столбов наружного контура галереи относительно внутреннего контура здания

Fig. 3. Vertical displacement at the bottom of walls and columns of the gallery outer contour relative to the inner contour of the building

Поверочный расчет стен и перекрытий выполнен в нелинейной постановке по теории предельных поверхностей [17]. Расчет стен в своей плоскости и плит из плоскости выполнен из условий, основанных на обобщенных уравнениях предельного равновесия.

Кладка стен, кирпича и колонн выполнена из красного глиняного кирпича, прочность которого соответствует марке М100, прочность известково-песчаного раствора кладки соответствует марке М10.

На основе разработанной расчетной модели были рассмотрены три расчетные схемы:

- расчетная схема № 1 с шарнирно-неподвижными опорами снизу стен и столбов. Эта расчетная схема отображает стабильное состояние фундамента здания, при котором отсутствуют неравномерные осадки основания;
- расчетная схема № 2 с шарнирно-подвижными опорами снизу стен и столбов. Данная расчетная схема принята для нестабильного состояния фундамента. В рассматриваемой расчетной схеме заданы вертикальные перемещения опор стен и столбов, полученные с помощью наземного лазерного сканирования здания;
- расчетная схема № 3 отличается от расчетной схемы № 2 тем, что задано усиление здания в виде предварительно напряженных стальных поясов

в уровне междуэтажного и чердачного перекрытий по наружному контуру здания. Величина необходимого предварительного напряжения стальных стержней диаметром 20 мм определялась расчетным путем и составила 100 кН.

В расчетной схеме № 1 результаты конструктивного расчета кирпичных наружных и внутренних стен приведены на рис. 4 и 5 соответственно. Как видно из рис. 4, несущая способность в локальных местах наружных стен не обеспечена, т. к. коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 1,16739 > 1$. В то же время несущая способность внутренних стен практически обеспечена, коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 1,00182$.

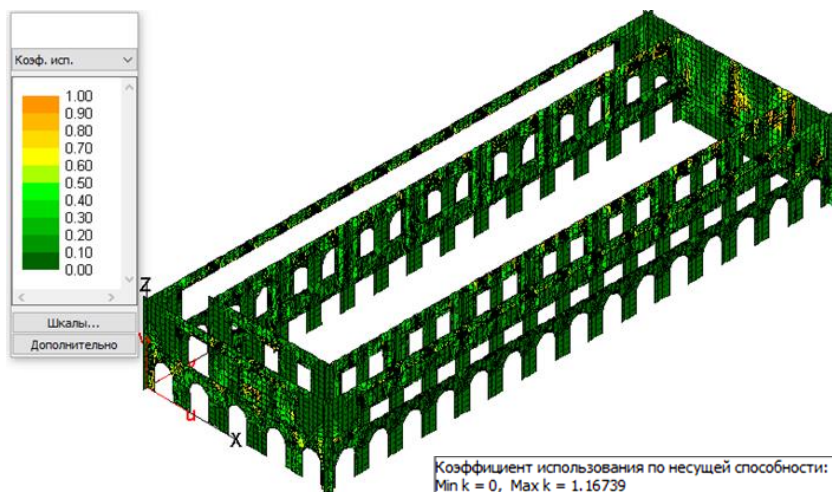


Рис. 4. Изополя коэффициента использования по несущей способности наружных стен в расчетной схеме № 1

Fig. 4. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of outer walls in design model 1

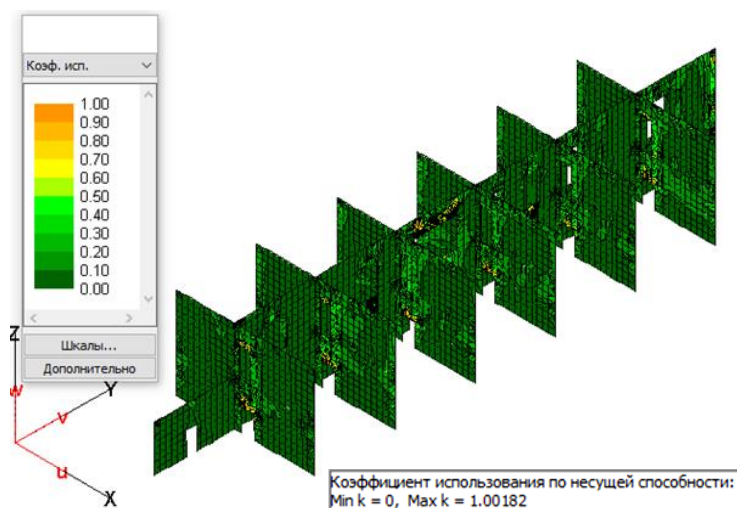


Рис. 5. Изополя коэффициента использования по несущей способности внутренних стен в расчетной схеме № 1

Fig. 5. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of inner walls in design model 1

В расчетной схеме № 2 результаты конструктивного расчета кирпичных наружных и внутренних стен приведены на рис. 6 и 7 соответственно. Как видно из данных рис. 6, несущая способность в локальных местах наружных стен не обеспечена, коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 2,83698$. При этом несущая способность внутренних стен также не обеспечена, коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 1,4008$. Такие значения коэффициентов использования обусловлены существенными деформациями стен и столбов.

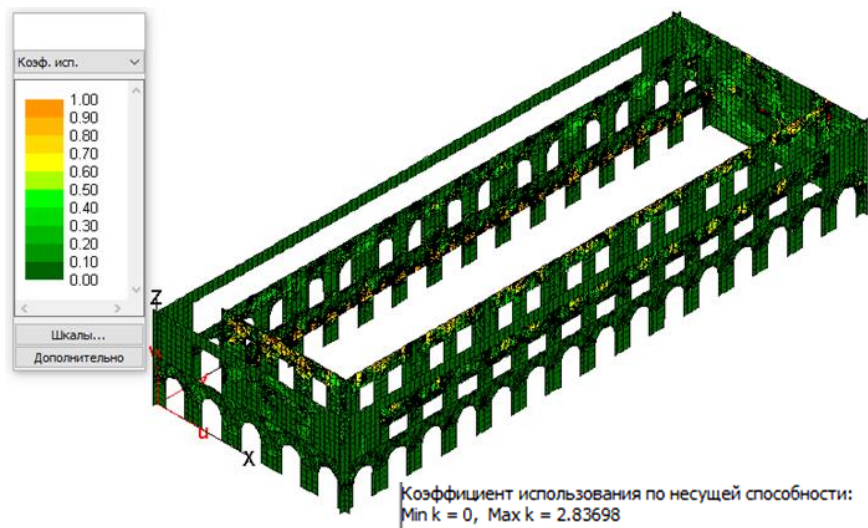


Рис. 6. Изополя коэффициента использования по несущей способности наружных стен в расчетной схеме № 2

Fig. 6. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of outer walls in design model 2

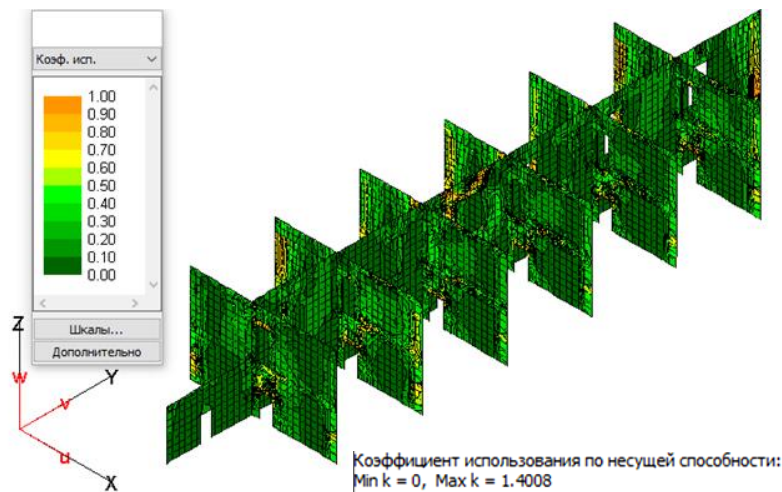


Рис. 7. Изополя коэффициента использования по несущей способности внутренних стен в расчетной схеме № 2

Fig. 7. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of inner walls in design model 2

В расчетной схеме № 3 результаты конструктивного расчета кирпичных наружных и внутренних стен приведены на рис. 8 и 9 соответственно.

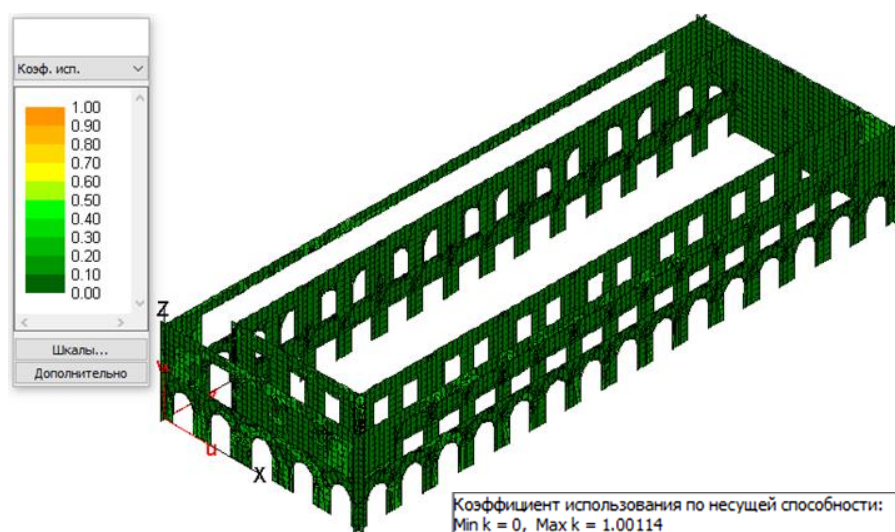


Рис. 8. Изополя коэффициента использования по несущей способности наружных стен в расчетной схеме № 3

Fig. 8. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of outer walls in design model 3

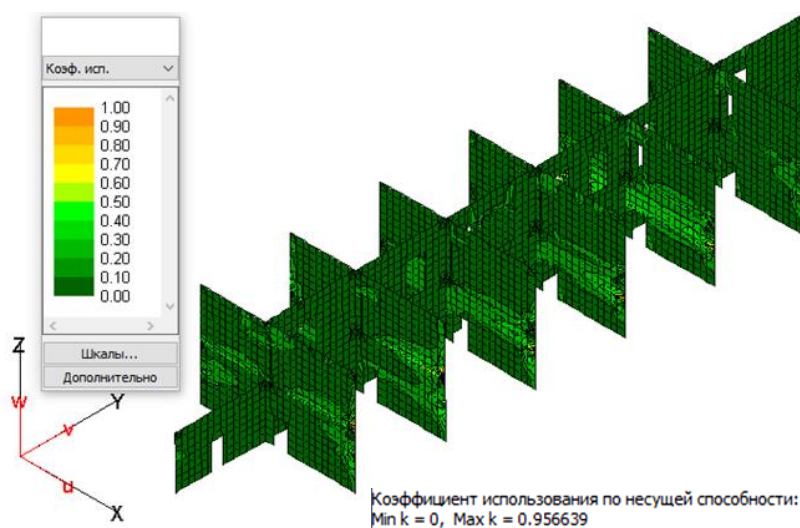


Рис. 9. Изополя коэффициента использования по несущей способности внутренних стен в расчетной схеме № 3

Fig. 9. Utilization factor isofields of load-bearing capacity of inner walls in design model 3

Как следует из данных рис. 8, несущая способность наружных стен в расчетной схеме № 3 обеспечена, коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 1,00114$. Также обеспечена несущая способность внут-

ренных стен в расчетной схеме № 3, где коэффициент использования по несущей способности $\text{Max } k = 0,956639$.

В заключение можно отметить, что расчетным путем обосновано усиление кирпичного здания, получившего значительные и неравномерные осадки, в виде предварительно напряженных стальных поясов в уровне междуэтажного и чердачного перекрытий по наружному контуру здания.

Основной целью контурной обвязки здания предварительно напряженными стальными стержнями является обеспечение пространственной жесткости и устойчивости вертикальных кирпичных стен и столбов, а также горизонтальных сталежелезобетонных перекрытий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Невзоров А.Л., Никитин А.В., Аксенов С.Е., Заручевных А.В. Конструктивные особенности исторических зданий в Архангельске // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 35–37.
2. Монастырский А.Е., Филиппов Б.П. Влияние состояния бутовых фундаментов на появление трещин в кирпичных стенах зданий // Вестник МГСУ. 2006. № 1. С. 188–190.
3. Грановский А.В. Почему нормы по каменным конструкциям не способствуют развитию отрасли // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 12. С. 23–27.
4. Копаница Д.Г., Усеинов Э.С., Устинов А.М. Деформации и разрушение фрагмента каменной кладки при кратковременном действии сжимающей статической нагрузки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6. С. 90–97.
5. Деркач В.Н., Белов В.В. Прочность каменной кладки на растяжение под углом к горизонтальным растворным швам // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2. С. 65–70.
6. Грановский А.В., Джамуев Б.К., Осипов П.В., Симаков О.А. Сейсмостойкость кирпичных зданий, усиленных композитными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 44–49.
7. Бедов А.И. Несущая способность элементов из каменной кладки, усиленных сталефибробетонными обоймами // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 45–50.
8. Ицук М.К., Ицук Е.М., Фролова И.Г. Совместная работа старой и новой кладок на участках с вычинкой // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 1. С. 28–30.
9. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Грановский А.В. и др. Экспериментальные исследования сейсмоусиления каменной кладки системой внешнего армирования на основе углеволокна // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 6 (47). С. 57–59.
10. Курланов Д.В., Куваев А.С., Родионов А.В., Валеев Р.М. Инъектирование как метод усиления каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 17–21.
11. Грановский А.В., Сайфулина Н.Ю., Гасиев А.А. К оценке достоверности экспериментальных методов испытаний каменных конструкций на перекос // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 31–35.
12. Ицук М.К., Ицук В.Л. Расчет каменных стен при сдвиге и растяжении // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 8. С. 31–39.
13. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Результаты исследований каменных и армокаменных кладок // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 99–106.
14. Кабанцев О.В. Дискретная модель каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4. С. 113–133.
15. Пономарев А.Б., Захаров А.В., Сазонова С.А., Калюшина С.В., Безгодов М.А., Шенкман Р.И., Золотозубов Д.Г. Геотехнический мониторинг жилого дома // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 41–45.

16. Юшубе С.В., Подшивалов И.И., Тарасов А.А., Лобанов А.А., Лазарев В.М. Оценка надежности кирпичного здания на свайном фундаменте в условиях развития неравномерных осадок // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 1. С. 202–215.
17. Семенов Д.А. Прочность железобетонных элементов при косом внецентренном сжатии // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5. С. 76–84.

REFERENCES

1. Nevzorov A.L., Nikitin A.V., Aksekov S.E., Zaruchevnykh A.V. Historical buildings in Arkhangelsk. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2012; (10): 35–37. (In Russian)
2. Monastyrsky A.E., Filippov B.P. Rubble foundation influence on crack formation in brick buildings. *Vestnik MGSU*. 2006; (1): 188–190. (In Russian)
3. Granovsky A.V. Why norms for stone structures do not contribute to the industrial development. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015; (12): 23–27. (In Russian)
4. Kopanitsa D.G., Useinov E.S., Ustinov A.M. Deformation and fracture of masonry under compressive load. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015; (6): 90–97. (In Russian)
5. Derkach V.N., Belov V.V. Tensile strength of masonry at an angle to horizontal mortar joints. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2012; (2): 65–70. (In Russian)
6. Granovsky A.V., Djumuev B.K., Osipov P.V., Simakov O.A. Seismic resistance of brick buildings reinforced with composite materials. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017; (4): 44–49. (In Russian)
7. Bedov A.I. Bearing capacity of masonry elements of steel fiber reinforced concrete. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016; (7): 45–50. (In Russian)
8. Ishchuk M.K., Ishchuk E.M., Frolova I.G. Joint work of old and new masonry in curing areas. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014; (1): 28–30. (In Russian)
9. Tonkikh G.P., Kabantsev O.V., Granovsky A.V., et al. Experimental study of seismic retrofitting using externally bonded fiber reinforced polymers. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014; 6 (47): 57–59. (In Russian)
10. Kurlanov D.V., Kuvaev A.S., Rodionov A.V., Valeev R.M. Injection as a method of strengthening stone structures. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2009; (3): 17–21. (In Russian)
11. Granovsky A.V., Sayfullina N.Yu., Gassiev A.A. Reliability assessment of test methods of stone structures for warping. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018; (3): 31–35. (In Russian)
12. Ishchuk M.K., Ishchuk V.L. Shear and stretching analysis of stone walls. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2020; (8): 31–39. (In Russian)
13. Sokolov B.S., Antakov A.B. Masonry and reinforced masonry. *Vestnik MGSU*. 2014; (3): 99–106. (In Russian)
14. Kabantsev O.V. Discrete model of masonry under biaxial stresses. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015; (4): 113–133. (In Russian)
15. Ponomarev A.B., Zakharov A.V., Sazonova S.A., Kalyushina S.V., Bezgodov M.A., Shenkman R.I., Zolotozubov D.G. Geotechnical monitoring of residential building. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2015; (9): 41–45. (In Russian)
16. Yushube S.V., Podshivalov I.I., Tarasov A.A., Lobanov A.A., Lazarev V.M. Reliability of brick building on pile foundation in relative settlement conditions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022; 24 (1): 202–215. (In Russian)
17. Semenov D.A. Strength of reinforced concrete elements under oblique eccentric compression. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2015; (5): 76–84. (In Russian)

Сведения об авторах

Юшубе Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sv@tsuab.ru

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodchivalov@list.ru

Тарасов Александр Александрович, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tar.a.a@mail.ru

Бурмин Алексей Валерьевич, инженер, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, aburmin@bk.ru

Устюжанин Владимир Леонидович, инженер, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, uvl77@mail.ru

Authors Details

Sergei V. Yushchube, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sv@tsuab.ru

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ivanpodchivalov@list.ru

Aleksandr A. Tarasov, PhD, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Soyanaaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tar.a.a@mail.ru

Aleksei V. Burmin, Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Soyanaaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, aburmin@bk.ru

Vladimir I. Ustyuzhanin, Engineer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Soyanaaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, uvl77@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.04.2023
Одобрена после рецензирования 24.04.2023
Принята к публикации 16.06.2023

Submitted for publication 20.04.2023
Approved after review 24.04.2023
Accepted for publication 16.06.2023