



УДК 69.07

А. С. ЧУГУНОВ, ст. преп. кафедры строительства зданий и сооружений;
Д. А. КОКАРЕВ, студент

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ВРЕМЕННОГО УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Россия, 196601, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2.

Тел.: (812) 641-16-96, эл. почта: spbgau.pgs@yandex.ru

Ключевые слова: отдельно стоящие кирпичные стены, устойчивость кирпичных стен, методы усиления стен.

Исследование направлено на разработку конструктивных решений временного усиления кирпичных стен в зданиях ветхого фонда и культурного наследия на момент замены перекрытий, а также на определение эффективности каждого из предложенных конструктивных решений временного усиления стен путем их экспериментального тестирования.

Введение

В зданиях культурного наследия и в зданиях ветхого фонда при замене перекрытий ввиду их физического и морального износа может возникать высокая вероятность потери устойчивости несущих кирпичных стен. В процессе реконструкции или при капитальном ремонте объектов строительства после демонтажа перекрытий кирпичные стены можно рассматривать как отдельно стоящие конструкции, требующие временного усиления.

В рамках данной работы производилась разработка конструктивных решений временного усиления отдельно стоящих кирпичных стен. С целью подтверждения работоспособности предлагаемых конструктивных решений и установления эффективности каждого проводилось экспериментальное тестирование разработанных конструктивных решений.

Аналоги и прототип

Все существующие способы усиления кирпичных стен, представленные в [1–3], являются методами постоянного усиления и будут не эффективными при их временном использовании.

В статьях [4, 5] отмечено, что приоритетом при выполнении работ по удержанию сохраняемой конструкции стены будет сокращение затрат на выполнение данных работ. Кроме того, в [4] даются рекомендации, направленные на осуществление рационального выбора конструктивного решения временного усиления кирпичных стен путем использования удерживающего каркаса в комбинированных вариантах. Анализ возможных вариантов временного усиления кирпичных стен, выполненный в [4], позволяет сделать выбор в пользу системы стяжек, которая является эргономичной и наиболее экономичной, но требующей более тщательного технического обследования усиливаемой стены.

В статье [6] приводится одно из возможных направлений временного усиления кирпичных стен, которое заключается в сохранении конструкции на

весь период работ, т. е. заключающееся в сохранении расчетной схемы усиливаемой стены.

В статье [7] предлагается конструктивное решение, которое используется при временном усилении железобетонных колонн каркаса при демонтаже перекрытий и реализуется путем сохранения расчетной схемы колонн. Данное решение авторами выбрано в качестве прототипа. Недостатком временного усиления колонн будет являться то, что стальные распорки, используемые при усилении, имеют неизменяемую длину, а их крепление к колоннам выполняется с помощью стальных хомутов, что будет недопустимым при их креплении к усиливаемым стенам.

Конструктивные решения временного усиления кирпичных стен

Авторами разработано два конструктивных решения. Выбор конструктивного решения временного усиления стен осуществляется на основании технического обследования стен и их деформационного расчета, выполненного с учетом имеющихся дефектов и повреждений конструкции стены на действие собственного веса и ветрового давления.

Первое конструктивное решение – это устройство для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий [8, 9] (далее – устройство), которое может применяться в случае деформирования усиливаемой кирпичной стены внутрь объема здания. Устройства устанавливаются между усиливаемыми стенами, имитируя наличие демонтированных перекрытий, таким образом, сохраняя расчетную схему стен. Устройство (рис. 1) состоит из базовой части в виде наружной стальной трубы квадратного сечения и из двух подвижных частей в виде внутренних стальных труб квадратного сечения. Обе части соединяются по средствам телескопического соединения, что обеспечивает переменность длины устройства. Свободное перемещение подвижных частей во внутренней полости базовой части создается благодаря коаксиально установленным внутренним трубам, а также благодаря смазке контактируемых поверхностей. Длина устройства должна соответствовать расстоянию между несущими кирпичными стенами с учетом заглубления ранее демонтированных деревянных балок в эти стены. Фиксирование подвижных частей в базовой части осуществляется с помощью шпилек. К базовой части крепятся две монтажные петли для осуществления строповки устройства. На концах подвижных частей крепятся опоры в виде стальных пластин для упора в вертикальную стенку гнезда кирпичной стены, ранее предназначенного для опирания деревянных или металлических балок «старого» перекрытия. Устройства располагаются в горизонтальной плоскости с шагом, зависящим от высоты и толщины усиливаемой стены, ее проемности, а также от наличия дефектов в ней. Устройства могут располагаться в несколько ярусов по высоте усиливаемой стены. Данные устройства являются многооборачиваемыми и позволяют создавать пространства для технологических нужд между располагаемыми устройствами (шаг расположения устройств в горизонтальной плоскости может составлять от 5 м до 8 м, что является приемлемым расстоянием, не затрудняющим технологические процессы, связанные с демонтажными работами «старого» перекрытия и устройством «нового» перекрытия).

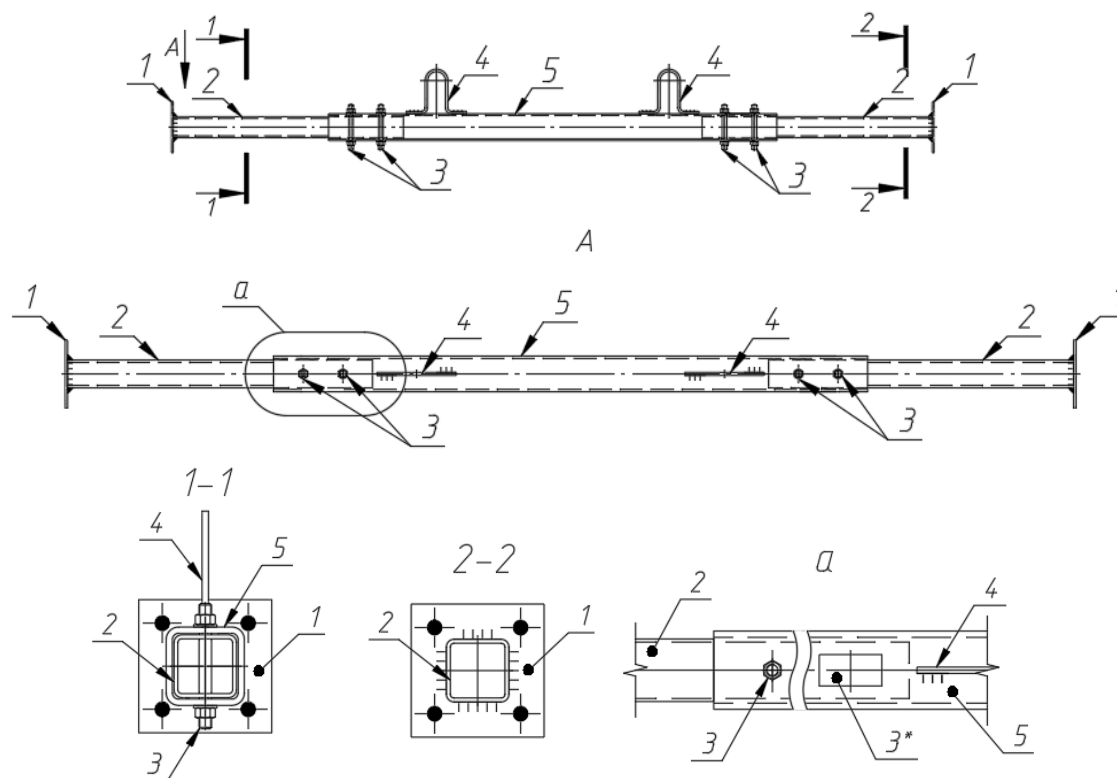


Рис. 1. Устройство для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий: 1 – опора; 2 – подвижная часть; 3 – шпильки для фиксирования подвижной части; 4 – монтажная петля; 5 – базовая часть

Второе конструктивное решение – это конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях (далее – конструкция) [10], которая может применяться в случае деформирования усиливаемой кирпичной стены наружу. Конструкция может использоваться, как и первое конструктивное решение, однако использование устройства в таком случае, с экономической точки зрения, будет рациональным. Конструкция (рис. 2) состоит из стальной распорки, имеющей вид устройства (первое конструктивное решение) и двух стальных обойм. Каждая опора распорки закрепляется в стальной обойме. Каждая обойма состоит из двух боковин, которые образованы накрест расположенными диагональными элементами, соединяющимися между собой с помощью упорных стальных уголков (рис. 3–5), пропущенных в угловых зонах проемов кирпичной стены (рис. 3, 4). Боковины имеют идентичное конструктивное решение (рис. 3, 4), отличающееся тем, что у боковины, обращенной к распорке (рис. 2, 3), имеется карман, в который устанавливается опора распорки, и который образован из гнутого Z-го стального профиля П-образной формы, жестко закрепленного к стальной пластине (рис. 3, 4, 6). К стальной пластине боковины крепится монтажная петля, и по четырем направлениям подвижно с помощью заклепок одним концом крепятся листовые диагональные элементы, что обеспечивает свободный поворот диагональных элементов обоймы относительно оси заклепки. Каждый диагональный элемент обоймы, прикрепляемый одним концом к стальной пластине с помощью заклепки, имеет на противоположном конце по два стальных ребра и стальной столик, в

котором предусмотрено отверстие под стяжной болт. Обеспечение переменности длины диагональных элементов обоймы осуществляется благодаря завинчиванию или вывинчиванию стяжного болта в гайке. Противоположный конец стяжного болта закрепляется при помощи гайки в стальной наклонно расположенной пластине, прикрепляемой жестко к упорному стальному уголку, положение которого фиксируется в проеме стены с помощью штырей-фиксаторов.

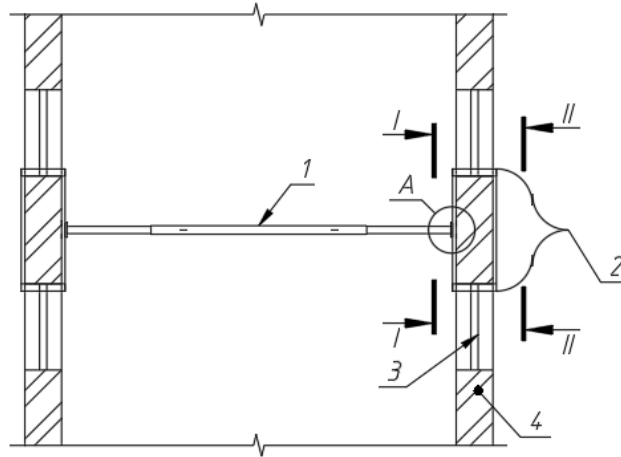


Рис. 2. Конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях на виде сверху: 1 – стальная распорка; 2 – стальная обойма; 3 – оконный проем; 4 – простенок

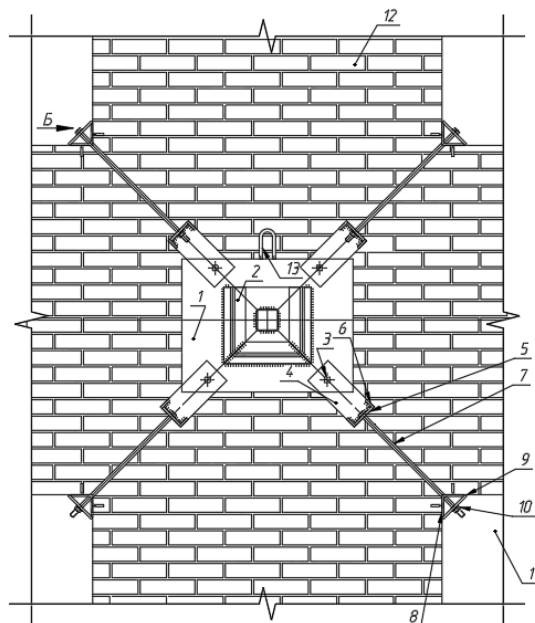


Рис. 3. Конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях (изображен разрез I-I на рис. 2):

1 – стальная пластина; 2 – карман из гнущего зетового стального профиля; 3 – заклепка; 4 – листовой диагональный элемент; 5 – стальной столик; 6 – стальные ребра; 7 – стяжной болт; 8 – упорный стальной уголок; 9 – стальная наклонно расположенная пластина; 10 – гайка; 11 – оконный проем; 12 – простенок; 13 – монтажная петля

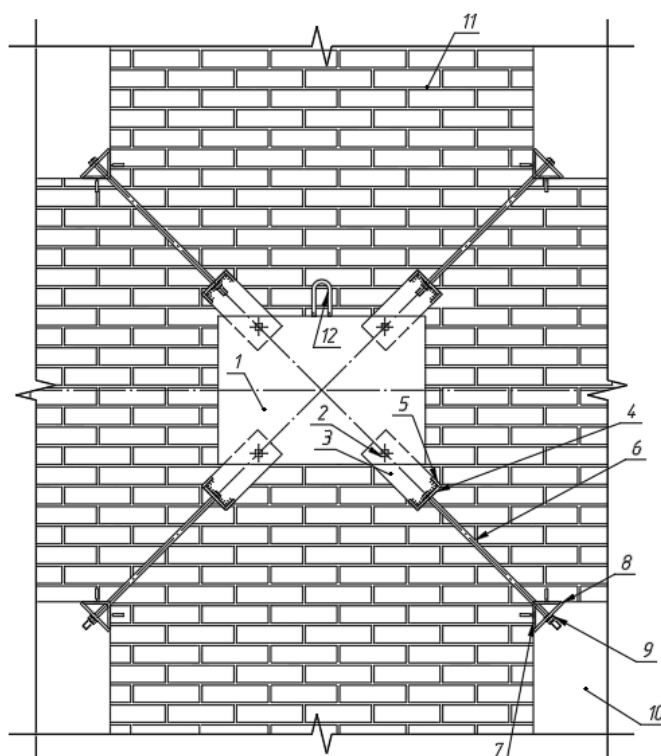


Рис. 4. Конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях (изображен разрез II-II на рис. 2):

1 – стальная пластина; 2 – заклепка; 3 – листовый диагональный элемент; 4 – стальной столик; 5 – стальные ребра; 6 – стяжной болт; 7 – упорный стальной уголок; 8 – стальная наклонно расположенная пластина; 9 – гайка; 10 – оконный проем; 11 – простенок; 12 – монтажная петля

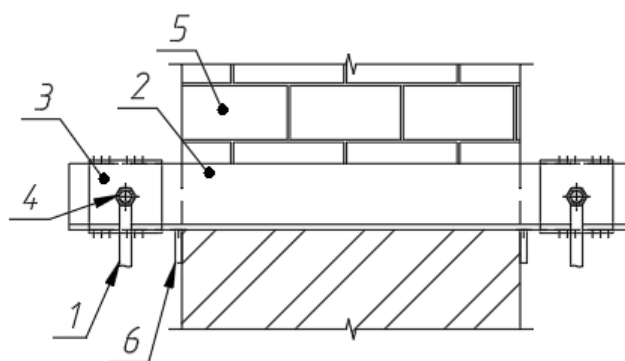


Рис. 5. Конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях (изображен вид Б на рис. 3):

1 – стяжной болт; 2 – упорный стальной уголок; 3 – стальная наклонно расположенная пластина; 4 – гайка; 5 – простенок; 6 – стальной штырь-фиксатор

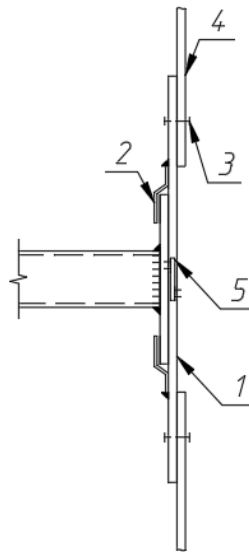


Рис. 6. Конструкция для временного усиления кирпичных стен с проемами при демонтированных перекрытиях (изображен узел А на рис. 2):
1 – стальная пластина; 2 – карман из гнущегося стального профиля; 3 – заклепка;
4 – листовой диагональный элемент; 5 – монтажная петля

Правила установки конструкций аналогичные, как и у устройств. Такими же преимуществами, как и устройства, обладают конструкции, но при этом стоимость конструкции усиления, а также трудоемкость ее монтажа будут выше, чем у устройства.

Материалы и методы

Разработанные конструктивные решения временного усиления кирпичных стен подлежали натурному экспериментальному тестированию с целью подтверждения работоспособности и установления эффективности использования конструктивных решений временного усиления кирпичных стен при демонтированных перекрытиях. В качестве объекта для тестирования было выбрано пятиэтажное жилое здание с кирпичными стенами (с высотой стен, равной 20 м), находящееся в г. Санкт-Петербург (II ветровой район), у которого рассматривался пролет, равный 6 м. Конструктивная схема здания – стеновая с продольными несущими стенами. Год постройки здания – 1894, а год последнего капитального ремонта – 1962. «Старые» перекрытия, требующие замены, были выполнены по деревянным балкам, которые располагались с шагом от 900 мм до 1100 мм. Усиливаемая стена выполнена из полнотелого керамического кирпича на известковом растворе с цепной системой перевязки, имеющая толщину 640 мм. Шаг расположения устройств и конструкций в горизонтальной плоскости в среднем составлял $6 \text{ м} \pm 0,3 \text{ м}$, где 0,3 м – это ширина гнезда под балки «старого» перекрытия.

Главный фактор, отвечающий за потерю устойчивости кирпичной стены после демонтажа перекрытий – это ее отклонение от вертикали. В работе рассматривалось два критерия, влияющих на отклонение стены от вертикали: ветровое давление и изменение температуры воздуха, вызывающие изменение геометрии самих элементов усиления, а также усиливаемой стены. В качестве измерительного оборудования использовались: теодолит *RGK T-05* (с точностью измерения при высоте стены 20 м равной 1,0 мм), необходимый для определения



отклонения стены от вертикали и анемометр Циклон-216 (с точностью измерения скорости ветра $\pm 5\%$, а температуры воздуха $\pm 2^\circ\text{C}$).

Замеры деформаций стены выполнялись в двух разрезах (рис. 7): А-А, проходящий в плоскости расположения элементов усиления, и Б-Б, проходящий посередине между располагаемыми элементами усиления.

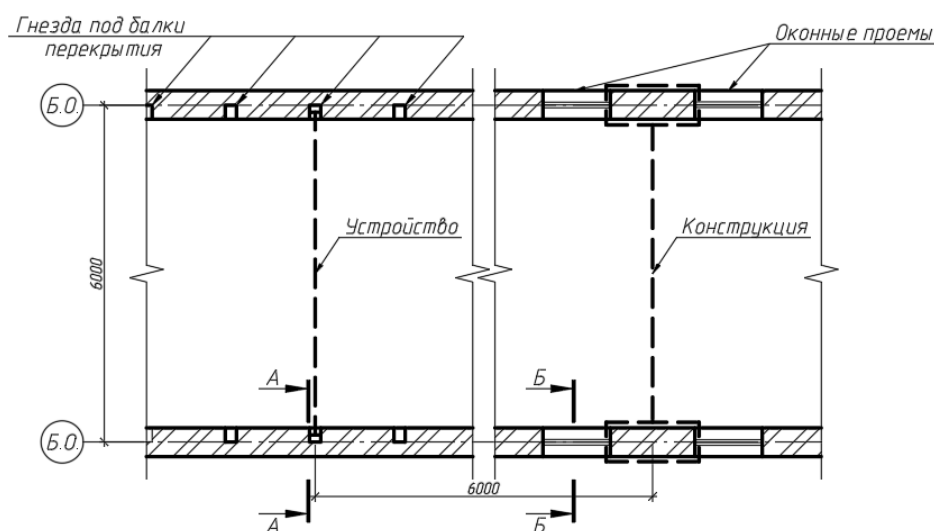


Рис. 7. Схема расстановки элементов усиления с характерными разрезами

Кроме того, деформации замерялись по высоте стены в двух местах: верх стены и середина стены.

При установлении температуры воздуха осуществлялось 10 замеров с последующим выведением среднего значения. При замере деформаций стены делали по каждой точке два замера при круге левом и при круге правом с последующим определением среднеарифметического значения.

Результаты экспериментального тестирования

Экспериментальное тестирование проводилось в период с марта по октябрь 2025 года.

По результатам экспериментального тестирования определялись отклонения усиливаемой фасадной стены от вертикали (деформации стены) при изменении температуры воздуха и при изменении скорости ветра, т. е. при изменении ветрового давления.

Результаты влияния изменения температуры воздуха на деформацию верхней части стены регистрировались при скорости ветра $10\text{ м/с} \pm 1\text{ м/с}$ для части здания с пролетом 6 м и по разрезу А-А (рис. 7), которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние изменения температуры воздуха на деформацию стены

Тестируемая система	Деформации стены в мм при температуре воздуха			
	0°C	10°C	20°C	30°C
«Старое» перекрытие*	0	2	4	5
Устройство	0	1	2	3
Конструкция	0	1	2	3

* – данные получены по результатам мониторинга за конструкцией стен, проводимого в течение предшествующего года тестированию



Анализ результатов тестирования, представленных в табл. 1, показывает, что деформации стены при использовании в качестве усиления устройств и конструкций – одинаковые и являются допустимыми, а их значения меньше, чем в случае использования «старых» перекрытий.

Взаимосвязь скорости ветра и ветрового давления принималась по параболическому закону в соответствии с формулой, предложенной в [11].

Результаты влияния скорости ветра (ветрового давления) на деформацию стены регистрировались для части здания с пролетом 6 м, которые представлены в табл. 2. Численный эксперимент работы стены проводился в программном расчетном комплексе на действии собственного веса конструкции и ветрового давления, а также с учетом дефектов конструкции. Стена моделировалась как трехслойная, каждый слой которой формировался из объемных элементов. «Старое» перекрытие моделировалось в виде стержней (балок перекрытия), шарнирно сопряженных со стенами и с жесткостью, соответствующей жесткости балок «старого» перекрытия. Элементы усиления – в виде стальных стержней. При выполнении экспериментального тестирования учитывалось ветровое давление, направленное перпендикулярно плоскости уваливаемой стены.

Анализ результатов, содержащихся в табл. 2, показывает, что деформации стены при обоих конструктивных решениях усиления стены не превышают допустимые значения, следовательно, подтверждается работоспособность предлагаемых конструктивных решений. Также отмечается, что деформации стены при использовании конструкций будут меньше, чем при использовании устройств. Следует отметить, что наличие «старого» перекрытия давало деформации стены больше, чем при любом из разработанных решений. Кроме того, численным экспериментом доказано, что отсутствие перекрытий (работа стен как свободно стоящих) приводит к недопустимым деформациям стены, требующим обязательного временного усиления.

Таблица 2

Влияние скорости ветра (ветрового давления) на деформацию стены

Вид исследования	Тестируемая система	Деформации стены в мм при скорости ветра			
		10 м/с	15 м/с	20 м/с	25 м/с
Численный эксперимент при пролете 6 м, верх стены	Разрез Б-Б в соответствии с рис. 7				
	Конструкция	0,7	2,2	3,4	5,6
	Устройство	1,9	3,7	4,3	6,2
	«Старое» перекрытие	3,1	5,9	8,3	11,1
	Отсутствие перекрытий	28,7	59,6	92,1	120,8
Натурное тестирование при пролете 6 м, верх стены	По разрезам А-А / Б-Б в соответствии с рис. 7				
	Конструкция	0/0	0/2	1/2	1/4
	Устройство	0/1	1/4	2/4	3/6
	«Старое» перекрытие*	2/3	4/5	6/8	8/11
Натурное тестирование при пролете 6 м, середина стены	По разрезам А-А / Б-Б в соответствии с рис. 7				
	Конструкция	0/0	0/0	0/1	1/2
	Устройство	0/0	0/2	1/2	1/3
	«Старое» перекрытие*	2/2	4/3	6/4	8/7
* – данные получены по результатам мониторинга за конструкцией стен, проводимого в течение предшествующего года тестированию; примечание: числовые значения, выделенные жирным, являются недопустимыми деформациями кирпичной стены					



Заключение

Разработанные два конструктивных решения временного усиления кирпичных стен на момент отсутствия перекрытий в соответствии с экспериментальными данными создают необходимую жесткость усиливаемым стенам (исключают потерю их устойчивости), т. е. подтверждается работоспособность предложенных конструктивных решений временного усиления. По результатам выполненных исследований установлены области применения каждого из конструктивных решений. Кроме того, установлено, что отсутствие перекрытий может вызвать потерю устойчивости стен, поэтому временное усиление стен является в данном случае обязательным.

Финансовая поддержка

Данная работа выполнена по грантовой программе «Студенческий стартап, V очередь».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Римшин, В. И. К вопросу усиления кирпичных стен стальными обоями и композиционными материалами / В. И. Римшин, Р. С. Аралов // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 12. – С. 38–41.
2. Русаков, И. В. Альтернативные методы усиления кирпичных стен / И. В. Русаков // Вестник науки. – 2025. – Т. 5, № 6-1 (87). – С. 877–886.
3. Григорьев, Ю. С. Усиление деформирующейся кирпичной облицовки трехслойных стен 16-этажного жилого дома / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2 (58). – С. 51–56.
4. Юдина, А.Ф. Системы удержания свободно стоящих стен, применяемые при реконструкции зданий в Санкт-Петербурге / А. Ф. Юдина, Д. И. Кулакова. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8960.
5. Yudina, A. F. Factors affecting the efficiency of façadism. Ensuring the stability of freestanding walls / A. F. Yudina, D. I. Kulakova // Lecture notes in civil engineering. – 2023. – Vol. 257. – P. 319–324.
6. Обозов, В. И. Об устойчивости свободно стоящих кирпичных стен с проемами при реконструкции зданий / И. В. Обозов. – URL: cyberleninka.ru/article/n/ob-ustoychivosti-svobodno-stoyaschih-kirpichnyh-sten-pri-rekonstruktsii-zdaniy/viewer. – Текст : электронный.
7. Броневицкий, А. П. Временное усиление конструкций при реконструкции зданий / А. П. Броневицкий // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 137 – 143.
8. Патент на полезную модель № 233455 U1 Российская Федерация, МПК E04G 25/04. Устройство для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий : на полезную модель МПК E04G 25/04. : № 2025105879 : заявл. 13.03.2025 : опубл. 21.04.2025 / А. С. Чугунов, Д. А. Кокарев ; заявитель Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – 6 с.
9. Патент на промышленный образец № 149712 Российская Федерация. Временное фиксирующее устройство для горизонтальной опоры кирпичных стен : заявл. 20.05.2025 : опубл. 21.10.2025 / А. С. Чугунов, Д. А. Кокарев ; заявитель Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – 1 с.
10. Кокарев, Д. А. Временное усиление кирпичных стен при демонтаже перекрытий / Д. А. Кокарев // Актуальные вопросы развития науки и технологий : сборник статей 76-й Международной студенческой научной конференции молодых учёных. – Караваево (п.) : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2025. – С. 570–582. – EDN EEZMRC.



11. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Издательство литературы по строительству, 1972. – 111 с.

CHUGUNOV Aleksandr Sergeevich, senior teacher of the chair of building and structure construction; KOKAREV Dmitriy Aleksandrovich, student

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SOLUTIONS FOR TEMPORARY REINFORCEMENT OF BRICK WALLS

Saint Petersburg State Agrarian University.

2, Peterburgskoe Shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia.

Tel.: (812) 641-16-96, e-mail: spbgau.pgs@yandex.ru

Key words: freestanding brick walls, brick wall stability, wall reinforcement methods.

This study aims to develop design solutions for temporary reinforcement of brick walls in dilapidated buildings and cultural heritage sites during floor replacement, as well as to determine the effectiveness of each of the proposed design solutions for temporary wall reinforcement through experimental testing.

REFERENCES

1. Rimshin V. I., Aralov R. S. K voprosu usileniya kirpichnykh sten stalnymi oboymami i kompozitsionnymi materialami [On the issue of strengthening brick walls with steel cages and composite materials]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018, № 12, P. 38–41.
2. Rusakov I. V. Alternativnye metody usileniya kirpichnykh sten [Alternative methods of strengthening brick walls]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 2025, Vol. 5, № 6-1 (87), P. 877–886.
3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Usilenie deformiruyushchey kirpichnoy oblitovki trekhsloynnykh sten 16-etazhnogo zhilogo doma [Strengthening of the deforming brick cladding of three-layer walls of a 16-story residential building]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhny Novgorod, Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet, 2021, № 2 (58), P. 51–56.
4. Yudina A. F., Kulakova D. I. Sistemy uderzhaniya svobodno stoyashchikh sten, primenyaemye pri rekonstruktsii zdaniy v Sankt-Peterburge [Restraint systems for free-standing walls used in the reconstruction of buildings in St. Petersburg]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2024, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8960.
5. Yudina A. F., Kulakova D. I. Factors affecting the efficiency of façadism. Ensuring the stability of freestanding walls. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2023, Vol. 257, P. 319–324.
6. Obozov V. I. Ob ustoychivosti svobodno stoyashchikh kirpichnykh sten s proemami pri rekonstruktsii zdaniy [On the stability of free-standing brick walls with openings during building reconstruction]. URL: cyberleninka.ru/article/n/ob-ustoychivosti-svobodno-stoyaschih-kirpichnyh-sten-pri-rekonstruktsii-zdaniy/viewer.
7. Bronevitsky A. P. Vremennoe usilenie konstruktsey pri rekonstruktsii zdaniy [Temporary strengthening of structures during building reconstruction]. *Nauka i tekhnika* [Science & Technique], 2017, Vol. 16, № 2, P. 137–143.
8. Patent na poleznuyu model № 233455 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04G 25/04. Ustroystvo dlya vremennogo usileniya kirpichnykh sten pri demontazhe perekrytiy [Useful Model Patent No. 233455 U1 Russian Federation, IPC E04G 25/04. Device for temporary strengthening of brick walls during floor dismantling]: № 2025105879; zayavl. 13.03.2025:



opubl. 21.04.2025 / A. S. Chugunov, D. A. Kokarev; Sankt-Peterburgskiy gosudarstvenny agrarny universitet. 6 p.

9. Patent na promyshlennyy obrazets No. 149712 Rossiyskaya Federatsiya. Vremennoe fiksiruyushchee ustroystvo dlya gorizontальной opory kirpichnykh sten [Industrial Design Patent No. 149712 Russian Federation. Temporary fixing device for horizontal support of brick walls]: zayavl. 20.05.2025: opubl. 21.10.2025 / A. S. Chugunov, D. A. Kokarev; Sankt-Peterburgskiy gosudarstvenny agrarny universitet. 1 p.

10. Kokarev D. A. Vremennoe usilenie kirpichnykh sten pri demontazhe perekrytiy [Temporary strengthening of brick walls during floor dismantling]. Aktualnye voprosy razvitiya nauki i tekhnologiy [Current Issues in the Development of Science and Technology]: sbornik statey 76-y Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchyonykh. Karavaevo, Kostromskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2025, P. 570–582. EDN EEZMRC.

11. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow, Izdatelstvo literatury po stroitelstvu, 1972, 111 p.

© А. С. Чугунов, Д. А. Кокарев, 2026

Получено: 18.11.2025 г.