

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

*Е. В. Гурова, А. М. Редич*

*Волгоградский государственный технический университет  
(Институт архитектуры и строительства)*

Разработка проектов реконструкции и усиления несущих конструкций, выполненных из кирпичной кладки, осуществляется в основном за счет компенсации снижения несущей способности кирпичной кладки, полученного вследствие неблагоприятного воздействия ряда факторов, и доведения параметров эксплуатационных показателей до нормативных значений. Рассмотрены: технология внешнего армирования для усиления кирпичной кладки и эффективность ее применения.

**Ключевые слова:** *кирпичная кладка, армирование для усиления.*

Development of projects for reconstruction and reinforcement of load-bearing structures made of brick masonry is carried out mainly due to compensation for reducing the bearing capacity of brickwork, obtained due to adverse effects of a number of factors, and bringing the parameters of performance indicators to the standard values.

Considered: the technology of external reinforcement to strengthen brickwork and the effectiveness of its application.

**Keywords:** *brickwork, reinforcement for strengthening.*

Значительное количество зданий и сооружений г. Волгограда выполнено с применением кирпичной кладки для возведения несущих конструкций. Кирпич как строительный материал обладает достаточно высокими показателями прочности, долговечности, экологичности, теплотехнических характеристик, архитектурной выразительностью и др.

В свою очередь, объекты, возведенные из кирпича, достаточно чувствительны к проявлению неравномерных осадок грунтов основания, воздействию неблагоприятных сочетаний климатических воздействий, недостатков проектирования, несоблюдения технологических и эксплуатационных нормативов и регламентов, что зачастую ускоряет процесс снижения параметров эксплуатационных показателей кирпичной кладки. При разработке проектов реконструкции и усиления (при необходимости) несущих конструкций, выполненных из кирпичной кладки, основным вопросом является компенсация снижения несущей способности кирпичной кладки, полученного вследствие неблагоприятного воздействия ряда факторов, и доведения параметров эксплуатационных показателей до нормативных значений.

В отечественной практике выделяют следующие традиционные методы усиления кирпичной кладки [1, 2]:

- применение стальных обойм, хомутов и пр.;

- наращивание сечения;
- устройство сердечника;
- инъецирование специальных растворов;
- частичная или полная замена элементов кладки.

Несмотря на эффективность увеличения прочностных характеристик кирпичной кладки традиционными методами, зачастую происходит изменение внешней конфигурации усиливаемых конструкций, что в ряде случаев является нежелательным с точки зрения требований заказчика или недопустимым (как, например, при усилении объектов исторической застройки).

Метод инъецирования раствора, позволяющий избежать изменения габаритных размеров усиливаемых конструкций, пригоден в основном для устранения незначительных повреждений. В случае замены старой кладки новой усиление сопровождается трудоемкими работами по устройству дополнительных конструкций, необходимых для восприятия нагрузки от сопрягаемых конструкций, на время проведения работ по замене кладки.

В настоящее время получили распространение сравнительно новые методы усиления каменных конструкций, относящихся к группе методов, реализующих принципы устройства «системы внешнего армирования» и позволяющие избежать изменения архитектурного облика объекта и изменения его геометрических параметров при проведении реконструкции и усиления конструкций из кирпичной кладки:

- 1) усиление кирпичной кладки композитными материалами;
- 2) устройство анкеров с помощью винтовых стержней из нержавеющей стали.

Композитные материалы представляют собой ткани, ленты, холсты, состоящие из армирующего и связующего компонентов. В Европе система усиления композитами известна под названием FRP (Fiber Reinforced Polymer) – иными словами усиление полимерным волокном.

Технология усиления конструкций композитными волокнами заключается в наклейке с помощью специального эпоксидного клея или клея на основе микроцемента на поверхность конструкций высокопрочных холстов.

Усиление выполняется по подготовленной поверхности кладки, с пропиткой и грунтовкой поверхностного слоя.

Возможно усиление как изгибаемых конструкций в растянутых зонах и на приопорных участках в зоне действия поперечных сил, так и сжатых и внецентренно сжатых элементов [3].

В ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко была проведена серия испытаний кирпичных колонн на сжатие, усиленных бандажами из углеродных холстов. В ходе испытаний было установлено, что несущая способность колонн может быть увеличена почти в 2–2,4 раза по сравнению с эталоном (в зависимости от схемы армирования на образце) [4–6].

Расчет усиления композитными лентами и сетками проводится по аналогии с косвенным армированием, исходя из принципа увеличения расчетного сопротивления кладки за счет добавления расчетного сопротивления усиливающего материала:

$$R_{\text{арм}} = R + R_{\text{ус}}$$

где  $R_{\text{арм}}$  – прочность армированной кладки,  $R$  – расчетное сопротивление кладки,  $R_{\text{ус}}$  – расчетное сопротивление усиливающего материала (лента или сетка).

Результаты экспериментальных и теоретических исследований показывают зависимость эффективности усиления от вида армирующего компонента композитного материала и значения его предела прочности на разрыв. В настоящее время наиболее широко применяются ленты на основе углеволокна, стекловолокна и арамидволокна.

Исследование данной системы усиления композитными материалами позволяет выделить следующие достоинства:

- высокий показатель прочности на разрыв армирующих компонентов;
- коррозионная стойкость;
- легкость монтажа;
- малый вес материала и как следствие минимальные нагрузки на восстанавливаемые конструкции;
- универсальность применения к любым формам и как следствие сохранение архитектурного облика и геометрических параметров конструкций [6–10].

При разработке усиления с применением «системы внешнего армирования», использующей винтовые стержни из нержавеющей стали в качестве элементов армирования, основное внимание уделяется восприятию растягивающих усилий. Соответственно, направление укладки стержней должно совпадать с направлением напряжений растяжения, которые превышают допустимые значения.

Технология установки винтовых стержней представляет собой следующий процесс:

- в начале при помощи фрезы устраиваются штрабы глубиной около 4–6 см, шириной не менее 1 см;
- штрабу прочищают сжатым воздухом;
- под давлением укладывают вязущий раствор вглубь штрабы;
- по слою вязущего раствора в штрабу укладывают стержень;
- выполняют финишные работы по заделке штрабы специальным раствором для закрепления стержня в кладке.

Нержавеющая сталь, из которой изготавливаются винтовые стержни, имеет прочность на растяжение в 2 раза большую, чем прочность арматурной стали, применяемой в железобетонных конструкциях.

Малые диаметры стержней требуют, соответственно, малых размеров штраб и отверстий, и поэтому имеют незначительное влияние на снижение прочности конструкции и требуют минимального расхода раствора для заполнения шва [11, 12].

В случае использования техники «bed joint reinforcement», вместо стальных стержней применяют композитные волокна. Такие связи применяются не только для ремонта кирпичной кладки при растрескивании, но и для связи наружного слоя облицовки с внутренним слоем. Несмотря на высокую прочность, FRP является гибким материалом и его поведение в растворе мало изучено [13].

К достоинствам системы анкерного армирования можно отнести:

- 1) высокие физические, прочностные и упругие характеристики материала;
- 2) легкий вес;
- 3) высокая технологичность, без использования сложного механизированного труда;
- 4) стойкость к коррозии;
- 5) отсутствие необходимости вмешательства изнутри конструкций (при наличии только внешнего повреждения);
- 6) технологическая совместимость с любыми материалами [13, 14].

Исследуя недостатки данного метода, следует отметить:

1. высокую стоимость расходных материалов;
2. потребность в квалифицированных рабочих [13–15].

Исследуя практику применения «системы внешнего армирования» в части использования технологии анкерного армирования и усиления конструкций композитными материалами, можно сделать следующие выводы:

- по показателям прочностных характеристик методы эффективны по сравнению с «традиционными»;
- позволяют обеспечить неизменяемость геометрических параметров конструкций и объекта в целом;
- являются достаточно технологичными с точки зрения производства работ.

В свою очередь, отсутствие нормативной базы и малый объем экспериментальных исследований существенно ограничивают возможности применения указанных методов усиления кирпичной кладки за счет применения «системы внешнего армирования». Создание расчетных методик и проведение экспериментальных исследований несомненно являются актуальной задачей, решение которой позволит не только эффективно проводить реконструкцию кирпичных зданий исторической застройки, но и обеспечить сохранность и эксплуатационную пригодность значительного количества объектов недвижимости.

### Список литературы

1. Лазовский Д. Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений: учебно-методический комплекс : в 3 ч. Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций. Новополюцк : ПГУ, 2010. 340 с.
2. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования по закреплению слабых грунтов под фундаментами физико-химическими методами с применением добавок-пластификаторов // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 123–132.
3. Назмеева Т. В., Параничева Н. В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 19–22.
4. Костенко А. Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно-сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле- и стекловолокном : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.01. М., 2010. 29 с.
5. Кучеренко В. А. Научно-технический отчет по теме: «Экспериментальные исследования прочности и деформативности кирпичных стен и стен из ячеистого бетона, усиленного материалами фирмы BASF». М. : ЦНИИСК им. Кучеренко, 2010. 183 с.
6. Кучеренко В. А. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. М. : ЦНИИСК им. Кучеренко, 1988. 140 с.
7. Орлович Р., Мантегацца Д., Найчук А., Деркач В. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций // Архитектура, дизайн, строительство. 2010. № 1. С. 86–87.
8. Павлова М. О. Ремонт и усиление каменных конструкций: инновационные методы // Строительный профиль. 2009. № 8-09. С. 29–31.
9. Bernat-Maso E., Escrig Ch., Aranda Ch. A. et. al. Experimental assessment of Textile Reinforced Sprayed Mortar strengthening system for brickwork wallets // Construction and Building materials. Spain, 2013. P. 3–13.
10. Drysdale R. G., Hamid A. A. Masonry structures behavior and design. Poland : The masonry society, 2011.
11. Купчикова Н. В. Формообразование концевых уширений свай в поперечном сечении и методика их деформационного расчета // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 88–96.
12. Drysdale R. G., Hamid A. A. Masonry structures behavior and design. Poland : The masonry society, 2013.
13. Павлова М. О. Современные исследования и разработки способов ремонта, реконструкции, реставрации и мониторинга в России и в Европе // Технология строительства. 2009. № 3. С. 21–23.
14. Серов А., Орлович Р., Морозов И. Мониторинг трещин в каменных зданиях: современные методы // Архитектура, дизайн, строительство. 2009. № 1. С. 62–63.
15. Ануфриев Д. П., Купчикова Н. В. Эффективные строительные конструкции и технологии на Каспийском инновационном форуме – 2009 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. № 5. С. 52.