УДК 622.691

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН И МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И ВИНТОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ

**В. Н. Лютов, Е. О. Романова**
Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

*Приведены обзор и анализ современных методов усиления кирпичных стен зданий с использованием композитных материалов, а также при помощи винтовых стержней из нержавеющей стали; рассмотрены особенности технологии усилений, выявлены достоинства и недостатки каждого из методов, на которые следует опираться при выборе решений по усилению кирпичных стен зданий.*

***Ключевые слова:*** *усиление конструкций, кирпичная кладка, методы усиления кирпичных стен, композитные материалы, винтовые стержни.*

Кирпич является одним из самых распространённых материалов для возведения несущих стен. Он с успехом применяется как в многоэтажном жилом и промышленном строительстве, так и в частной малоэтажной застройке.

Вопрос обеспечения конструктивной надежности и долговечности кирпичных стен зданий всегда будет актуальным. Однако кирпичная кладка не лучшим образом работает на растяжение и весьма чувствительна к действию сдвиговых напряжений. Поэтому одним из наиболее распространённых видов повреждений кирпичных строений является их растрескивание.

Наиболее частыми причинами, вызывающими образования трещин в каменных конструкциях, по статистике являются [4]: неравномерные осадки оснований (65-75%); перегрузка конструкций (10-15%); температурные деформации (10-15%); влажностные деформации (5-8%); особые нагрузки и воздействия (2-5%).

Среди традиционных способов усиления кирпичных стен можно выделить такие, как:

- усиление при помощи стальных, железобетонных обойм, обойм на основе раствора;
- устройство металлического или железобетонного сердечника;
- частичная или полная замена элементов кладки;
- инъецирование.

Традиционные методы усиления кирпичной кладки достаточно эффективны, однако, в некоторых случаях их применение невозможно. Большая часть из них дорогостоящие и требуют больших затрат труда. Помимо этого, после усиления конструкций при помощи обойм, меняется эстетический внешний облик здания. Вследствие этого для ремонта и усиления кирпичных стен зданий все большее применение получают новые технологии и материалы. К ним относятся [1]:

1) Внешнее армирование композитными материалами;

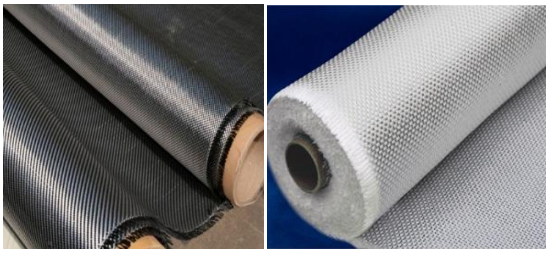
2) Применение винтовых стержней из нержавеющей стали.

Композитными материалами являются ткани, сетки, ленты, холсты. Они состоят из армирующих волокон и связующих компонентов. В качестве армирующих могут выступать неорганические и органические волокна.

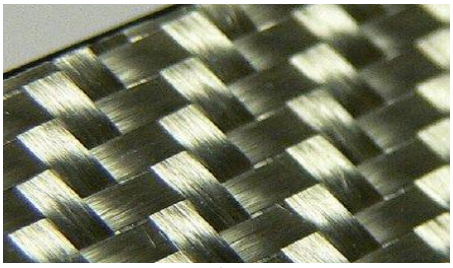
К неорганическим волокнам относятся углепластики, стеклопластики, базальтовые волокна (рисунок 1). К органическим волокнам относятся арамидные, льняные и конопляные волокна [2, 3].

За рубежом данная система усиления известна под названием FRP (Fiber Reinforced Polymer) – усиление полимерным волокном. Полимерные системы обладают высокой прочностью, жесткостью, легкостью и коррозионной стойкостью.

Для обеспечения сцепления композитного материала с конструкцией в качестве адгезива используют эпоксидный клей или клей на основе микроцемента. Эпоксидный клей представляет собой термореактивный синтетический продукт, состоящий из эпоксидной смолы и дополнительных компонентов в виде отвердителя. Он обладает высокими технологическими характеристиками, однако имеет низкую огнестойкость.



а) б)



в)

а – углеволокно; б – стекловолокно; в – базальтовое волокно

Рисунок 1 – Неорганические волокна композитных материалов

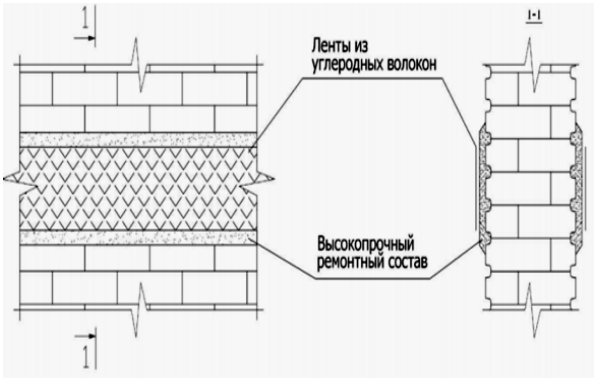



Рисунок 2 – Усиление кирпичной стены лентой из углеродных волокон

Рисунок 3 – Усиление кирпичной стены лентой из углеволокна

Следует отметить, что пары эпоксидной смолы и попадание клея на открытые участки кожи пагубно влияют на здоровье человека. В связи с этим, при работе с эпоксидным клеем важно придерживаться особых мер безопасности.

Клей на основе микроцемента является более эффективным с точки зрения огнестойкости и безопасности проведения работ.

Технология внешнего армирования композитными материалами заключается в следующем (рисунки 2, 3):

1) на очищенную поверхность кирпичной кладки после ее пропитки и грунтовки наносится эпоксидный клей или слой штукатурного раствора гладким металлическим шпателем слоем толщиной до 6 мм;

2) до момента схватывания слоя укладываются полимерные системы (ткани, сетки, ленты, холсты) в слой нанесенного раствора;

3) далее наносится слой штукатурки толщиной не менее 3 мм, поверхность которой подвергается финишной обработке;

4) обеспечивая высокую прочность усиления, при необходимости в защитный слой может укладываться второй элемент системы (ткань, сетка, лента, холст).

Возможно усиление как изгибаемых конструкций в растянутых зонах и на приопорных участках в зоне действия поперечных сил, так и сжатых и внецентренно сжатых элементов [2].

С экономической точки зрения стеклопластики являются самыми дешевыми полимерным волокном. Усиление композитными материалами кирпичных стен и многослойных конструкций позволяет выделить следующие их *достоинства*: высокие значения жесткости и прочности; относительно невысокая плотность; коррозионная стойкость; способность к восприятию ударных нагрузок; простота монтажа; малый вес материала и как следствие минимальные нагрузки на усиливаемые конструкции; сохранение архитектурного облика конструкций.

В то же время рассматриваемая система имеет и ряд *недостатков*: гигроскопичность композиционных материалов; низкий показатель огнестойкости эпоксидных клеев (начиная от 50°С); токсичность смол, входящих в состав эпоксидных клеев; возможные ожоги при попадании эпоксидного клея на кожу человека; высокий удельный объем.

В новом строительстве зданий в качестве повышения устойчивости и прочности одним из наиболее перспективных продуктов из полимерных композиционных материалов является композитная арматура на основе углеродного, стеклянного, базальтового или армавидного волокна.

Вторым эффективным методом усиле-

ния кирпичных стен зданий является усиление с помощью винтовых стержней из нержавеющей стали. Данный метод применяется не только для ремонта и усиления кирпичной кладки при растрескивании, а также в многослойных конструкциях для связи внутреннего слоя с наружным слоем облицовки.

Спиралевидные гибкие связи изготавливаются методом холодной прокатки из круглой нержавеющей проволоки поперечного сечения. В процессе изготовления первоначально происходит создание крестообразной формы из центрального сердечника и прилегающих плоских ребер «крыльев», затем формируется винтовой стержень. Поверхность «крыльев» становится весьма твердой, при этом сердечник сохраняет пружинные свойства. Дальнейшая нагартовка придает «крыльям» предварительное напряжение, а сердечник, вследствие отличающейся структуры, данному упрочнению не подвергается. Благодаря этому, прочность при растяжении увеличивается более чем в два раза. Крестообразную форму проволоке придает технология продавливания через особую матрицу таким образом, чтобы «крылья» накручивались вокруг сердечника (рисунок 4).

Технология изготовления включает в себя ряд производственных этапов, в результате которых получается изделие, сочетающее в себе высокую прочность, гибкость и упругость [4, 5].

Стандартно винтовые связи производятся из нержавеющей стали марки 304 или марки 316. Для усиления кирпичных стен используют стержни номинальным диаметром 4, 5, 6, 8 и 10 мм. В редких случаях могут применяться стержни до 14 мм. Стандартная длина этих стержней от 1 до 10 м. Стержни можно укладывать внахлест, изгибать, и соединять между собой при помощи вязальной проволоки.

Технология усиления представляет собой углубление винтовых стержней в специальный раствор. Раствор укладывается в предварительно просверливаемую скважину диаметром 12-16 мм или в штробу шириной 1 мм. В очищенную скважину ручным пистолетом укладывается раствор. Далее с помощью аппликатора или вручную укладывается винтовой стержень. Затем происходит инъектирование трещин (рисунок 5). Спиралевидный стержень и специальный раствор создают пружинный эффект и, тем самым, создаются небольшие движения соединённых краев трещин. В результате чего обеспечивается долговечность кирпичной стены здания.

Клеевой раствор является двух компонентным составом (порошок и жидкость), обладает высокой адгезией к различным материалам. Для приготовления раствора необходимо использовать только ингредиенты, поставляемые производителем (запрещено добавлять воду, цемент, песок, пластификаторы и др.).

Спиралевидное ребро стержней предоставляет возможность также монтировать их забиванием или вкручиванием в каменную кладку посредством ручного электроинструмента со специальной насадкой-адаптером. В основание из пустотелого кирпича связи устанавливают при помощи химических анкеров [3].

К достоинствам усиления кирпичных стен зданий винтовыми стержнями относятся: высокая прочность, жесткость и упругость материала; небольшой вес материала; не трудоемки в реализации (отсутствие механизированной техники); устойчивость при коррозионном воздействии; при наличии внешнего повреждения нет необходимости вмешиваться в конструкцию изнутри; сохранение архитектурного облика конструкций; технологическая совместимость со всеми материалами.

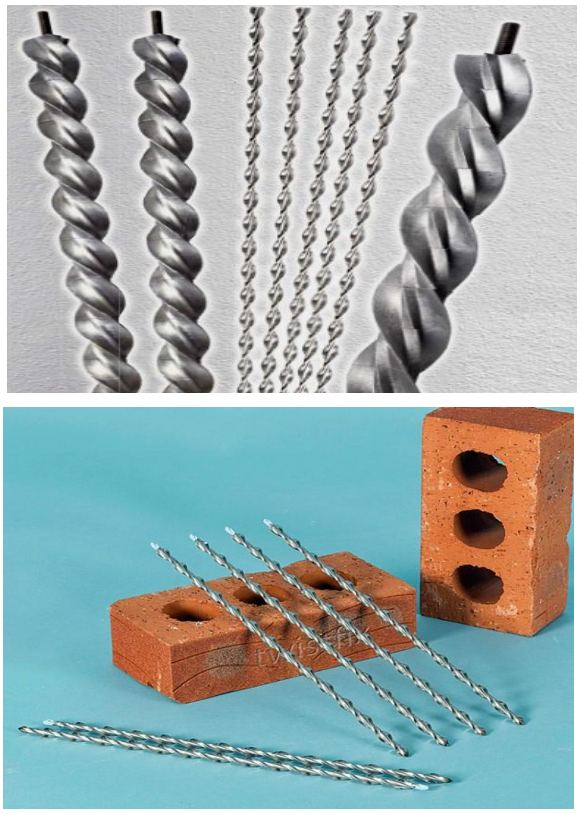
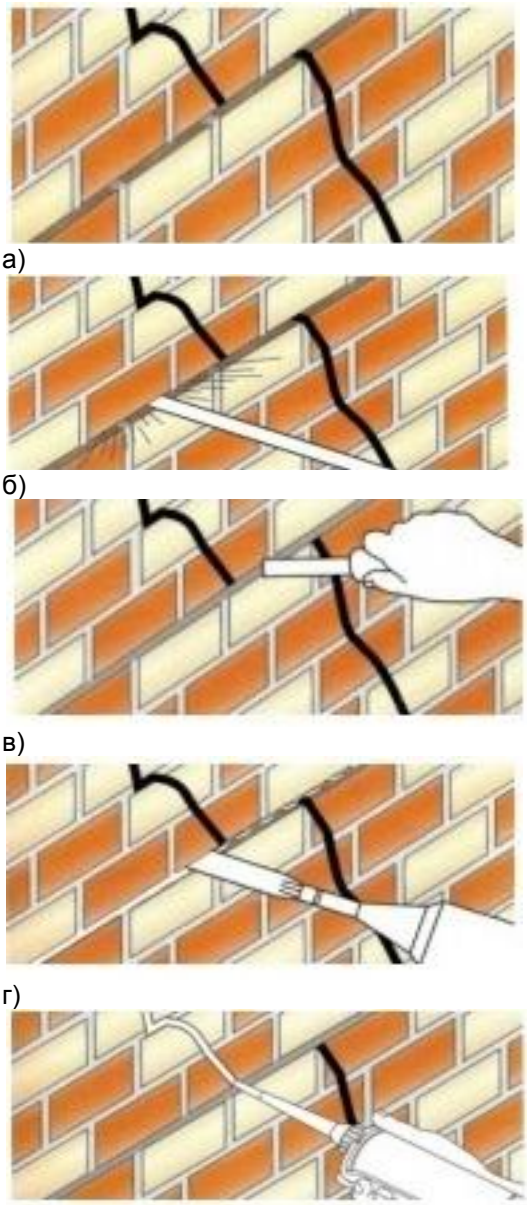


Рисунок 4 – Винтовые стержни из нержавеющей стали для усиления кирпичной кладки




а – устройство канавки; б – очистка канавки сжатым воздухом; в – заделка шва специальным раствором; г – установка стержня; д – инъектирование трещин

Рисунок 5 – Технологические операции усиления кирпичной стены с помощью винтовых стержней

Недостатки данного метода: дороговизна материалов; имеется потребность в квалифицированных рабочих [3, 4].

Усиление кирпичных стен зданий композитными материалами и винтовыми стержнями массово используются в зарубежных странах, однако в России еще не получили широкого распространения из-за отсутствия нормативной базы, регламентирующей использование данных методов.

Благодаря современным технологиям и материалам происходит эффективное устранение дефектов и повреждений в строительных конструкциях, обеспечивая безопасную и эксплуатационную надежность кирпичных стен зданий.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Грановский, А. В. Пути повышения надежности анкерных креплений / А. В. Грановский // Технологии строительства. – 2008. – № 4 (59). – С. 13-14.

2. Назмеева, Т. В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов / Т. В. Назмеева, Н. В. Параничева // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 2. – С. 19-22.

3. Орлович, Р. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций / Р. Орлович, Д. Мантегацца, А. Найчук, В. Деркач // Архитектура, дизайн, строительство, Санкт-Петербург. – 2010. - № 1. – С. 86-87.

4. Серов, А. Мониторинг трещин в каменных зданиях: современные методы / А. Серов, Р. Орлович, И. Морозов // Архитектура, дизайн и строительство, Санкт-Петербург. – 2009. – № 1 (41). – С. 62-63.

5. Официальный сайт - Ремонт и усиление каменных конструкций: инновационные методы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http:// stroyprofile.com/archive/3815.

**Лютов В.Н.** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: vnlutov@mail.ru.

**Романова Е.О.** – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: Honey94 @bk.ru.