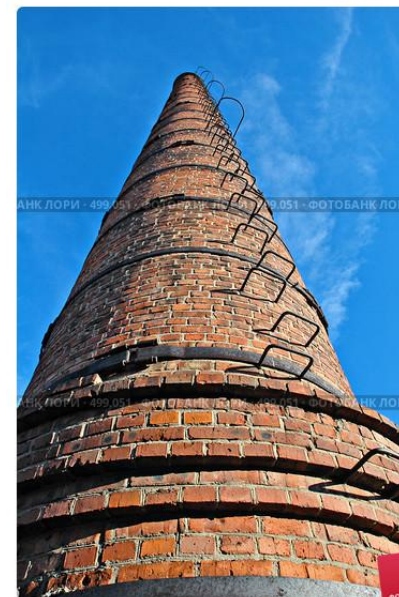


# Усиление каменных конструкций



Старая кирпичная труба с металлическими обручами

© Ольга Дроздова / Фотобанк Лори



lori.ru / 499.051

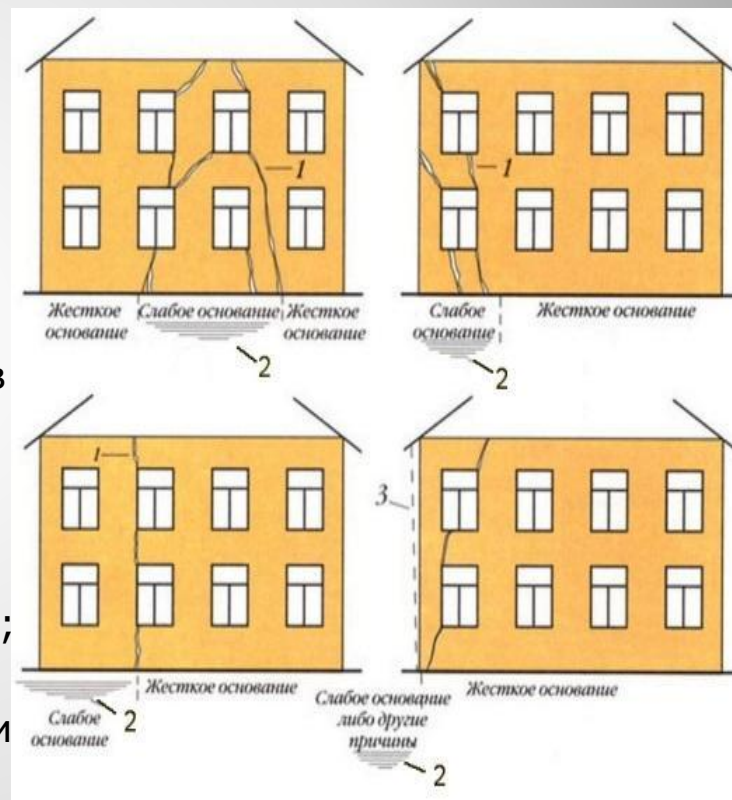
При реконструкции зданий и сооружений, выполненных из каменных конструкций, важно оценить фактическую прочность несущих элементов.

Эта оценка для армированных и неармированных конструкций выполняется методом разрушающих нагрузок на основании фактической прочности кирпича, раствора и предела текучести стали.

При этом необходимо наиболее полно учитывать все факторы, которые могут снизить несущую способность конструкции (трещины, локальные повреждения, отклонения кладки по вертикали и соответствующее увеличение эксцентриситетов, нарушение связей между несущими конструкциями, смещения плит покрытий и перекрытий, прогонов, стропильных конструкций и т. п.).

## В качестве основных причин образования дефектов выделяют:

- 1) низкое качество кладки (плохие растворные швы, несоблюдение перевязки, забутовка с нарушением технологии и т.п.);
- 2) недостаточная прочность кирпича и раствора;
- 3) совместное применение в кладке разнородных по прочности и деформативности каменных материалов (например, глиняного кирпича совместно с силикатным или шлакоблоками);
- 4) использование каменных материалов не по назначению (например, силикатного кирпича в условиях повышенной влажности);
- 5) низкое качество работ, выполняемых в зимнее время (использование не очищенного от наледи кирпича; применение смерзшегося раствора, отсутствие в растворе противоморозных добавок);
- 6) невыполнение температурно-усадочных швов или недопустимо большое расстояние между ними;
- 7) агрессивные воздействия внешней среды (кислотное, щелочное, солевое воздействия; попеременное замораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание);
- 8) неравномерная осадка фундамента в здании.



- 1 – осадочные трещины;  
2 – осадочная воронка;  
3 – отклонение стены от вертикали.

Каменные конструкции испытывают в основном сжимающие усилия. Повышение несущей способности и устойчивости простенков может быть обеспечено **увеличением площади сечения, устройством стальных, железобетонных и армированных растворных обойм**

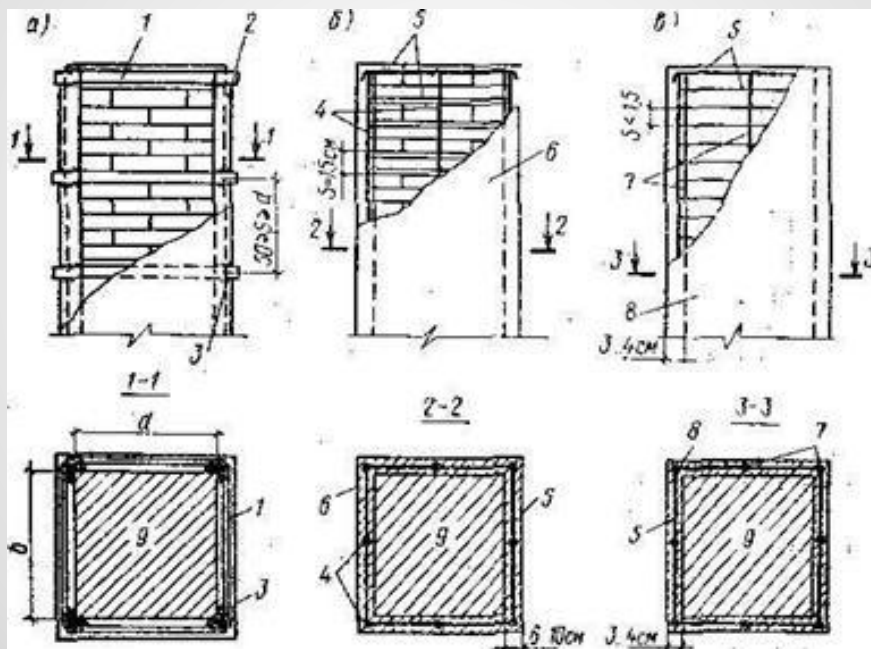


Рис. 1 Усиление каменных столбов стальной (а), железобетонной (б) и армированной растворной (в) обоймами:

1-планки 35x5...60x12 мм; 2- уголки; 3 - сварка; 4- стержни  $\Phi$  5...12 мм; 5 – хомуты  $\Phi$  4...10 мм; 6 -бетон В12,5...В15; 7 -стержни  $\Phi$  6...12 мм; 8-раствор марки 50...75; 9 – кладка

- **Повышение площади сечения** простенка достигают увеличением его ширины. В этом случае с двух сторон простенка выкладывают новые участки кладки, которую надежно перевязывают со старой, а при необходимости и армируют. Поврежденные несущие простенки разгружаются, площадь сечения простенков увеличивается, соответственно уменьшается площадь оконных проемов, поэтому оконные блоки подлежат замене.

- **Стальная обойма** состоит из двух основных элементов - вертикальных стальных уголков, которые устанавливаются по углам простенков или столбов на цементном растворе, и хомутов из полосовой или круглой стали. Для обеспечения включения обоймы в работу кладки необходимо тщательно инъецировать зазоры между стальными элементами обоймы и каменной кладкой цементным раствором. После устройства металлической обоймы ее элементы защищают от коррозии цементным раствором толщиной 25...30 мм по металлической сетке.



- Иногда стальные обоймы усиления кирпичной кладки на постоянно эксплуатируемых зданиях оставляют без защитного покрытия раствором или бетоном, устраивая **металлический каркас** усиления.

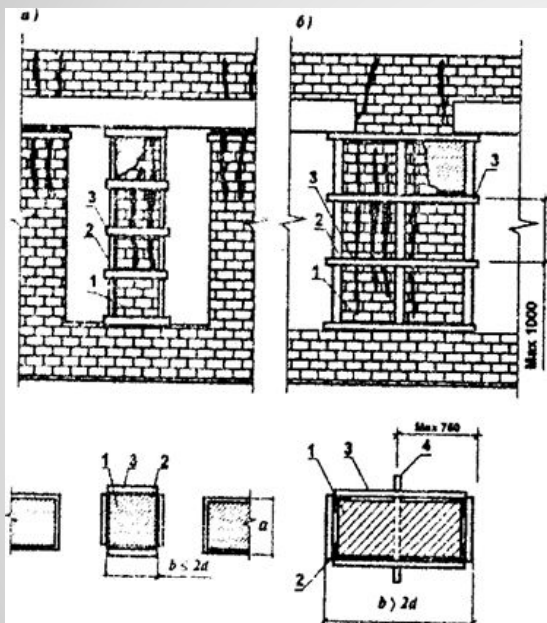


Рис. 2 Усиление простенков металлическим каркасом:  
а- узкого простенка; б- широкого простенка;  
1-кирпичный элемент; 2-стальные уголки; 3-планка; 4-поперечная связь

- **Железобетонная обойма** выполняется из бетона класса В10 и выше с продольной арматурой классов А-240, А- 300, А-400 и поперечной арматурой класса А-500. Шаг поперечной арматуры принимается не более 15 см. Толщина обоймы определяется расчетом и принимается в пределах 4...12 см. Устройство железобетонной обоймы эффективно при поверхностном разрушении материала простенков и столбов на незначительную глубину или при возникновении глубоких трещин, когда возможно уширение простенков.

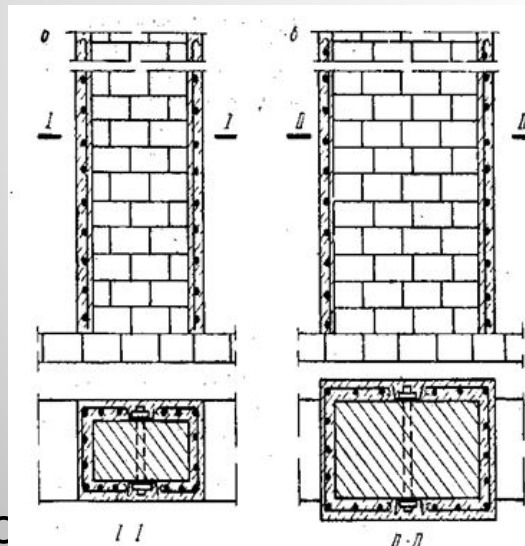


Рис. 3 Устройство железобетонных обоек: а—без увеличения сечения простенка; б—с увеличением сечения простенка

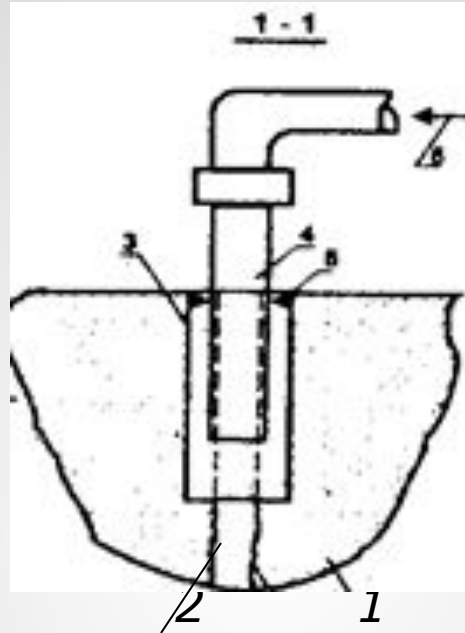


- **Армированная растворная обойма** отличается от железобетонной тем, что вместо бетона применяется цементный раствор марки 75...100, которым защищается арматура усиления.

Эффективность железобетонных и цементных обойм определяется процентом поперечного армирования, прочностью бетона или раствора, сечением обоймы, состоянием каменной кладки и характером приложения нагрузки на конструкцию.

Одновременно с усилением стен обоймами рекомендуется также выполнять *ИНЪЕКЦИЮ* в имеющиеся трещины в кирпичной цементного раствора.

- **Инъектирование трещин** — нагнетание в трещины поврежденной кладки растворов жидкого цемента или полимерцементного раствора, битума, смолы. Этот способ восстановления несущей способности кладки применяется в зависимости от вида конструкции, характера ее дальнейшего использования, имеющихся возможностей инъектирования, а главное, при локальном характере и небольшом раскрытии трещины. Оно может осуществляться с использованием различных материалов. В зависимости от их вида различают *силикатизацию*, *битумизацию*, *смолизацию* и *цементацию*. Инъектирование позволяет не только замонолитить кладку, но и восстановить, а в ряде случаев и увеличить ее несущую способность, что происходит без увеличения поперечных размеров конструкции.
- Наиболее широко применяются цементные и полимерцементные растворы



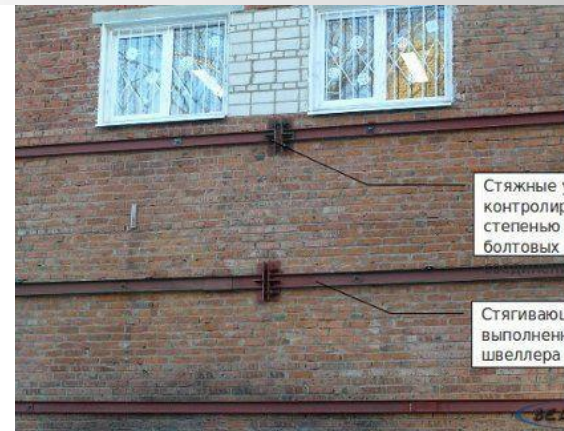
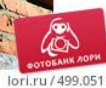
*Рис. 4 Инъектирование трещин шириной до 10 мм цементно-песчаным раствором:*

*1- кладка; 2- трещина; 3- отверстия для инъекторов через 800-1500 мм; 4- стальная трубка инъектора; 5- пакля, проконопаченная на клею; 6- подача раствора*

Одним из наиболее эффективных способов восстановления и усиления несущей способности зданий, повышения их жесткости и прочности в связи с появлением в процессе эксплуатации недопустимых трещин и деформаций, является его **объемное обжатие** с помощью **металлических тяжей**, располагаемых в уровне перекрытий, **предварительно напрягаемых стяжек**.



Старая кирпичная труба с металлическими обручами  
© Ольга Дроздова / фотобанк.лори



Стяжные узлы с контролируемой степенью затяжки болтовых

Стягивающие пояса, выполненные из швеллера



Объемное обжатие может осуществляться для здания в целом или для его отдельной части. Тяжи могут располагаться по поверхности стен или в бороздах сечением 70x80 мм. После натяжения борозды заделываются цементным раствором; тяжи, расположенные по поверхности стен, также оштукатуриваются, образуя горизонтальные пояса, которые не должны ухудшать архитектурный облик здания.

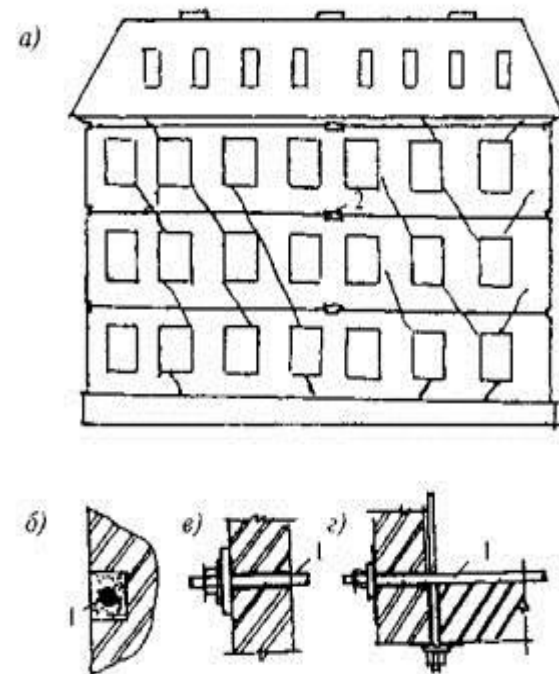


Рис. 5 Конструктивно-технологические варианты усиления кирпичных стен  
а - схема усиления кирпичных стен здания металлическими тяжами; б, в, г - узлы размещения металлических тяжей;

Крепление тяжей осуществляется к вертикальным уголкам, устанавливаемым на цементном растворе на углах и выступах здания (рис.5). Натяжение тяжей осуществляется с помощью стяжных муфт одновременно по всему контуру здания. Предварительно тяжи разогреваются автогеном, паяльными лампами или электронагревом.

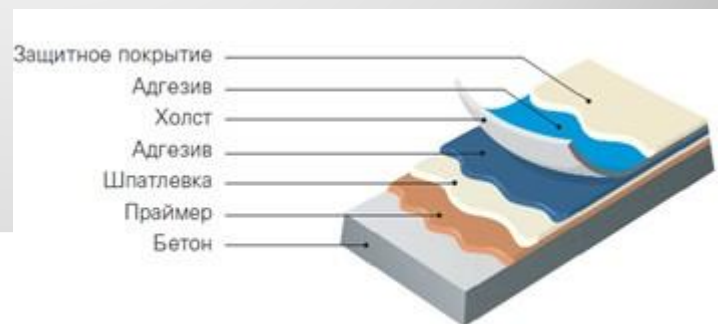
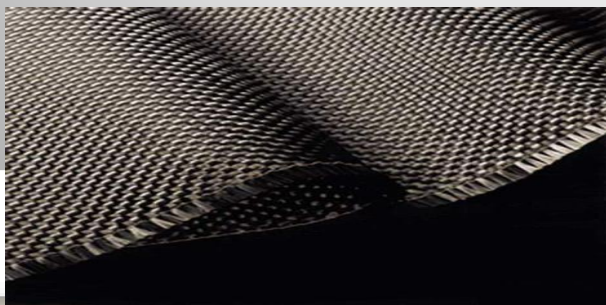
Механическое натяжение осуществляется вручную с помощью рычага длиной 1,5 м с усилием 300...400 Н. Общее усилие натяжения составляет около 50 кН, его контроль осуществляется по отсутствию провисания тяжей, различными приборами, индикаторами, простукиванием (хорошо натянутый тяж издает чистый звук высокого тона).

Поврежденные или отклонившиеся от вертикали углы зданий усиливаются металлическими балками из швеллеров № 16...20, которые устанавливаются в уровне перекрытий в вырубленные с двух сторон стены борозды или на поверхности стены и соединяются друг с другом стяжными болтами.

Однако усиление традиционными методами не всегда оказывается эффективным. На отечественном рынке появляются современные методы усиления конструкций, широко применяемые за рубежом. Подобные методы достаточно эффективны и просты.

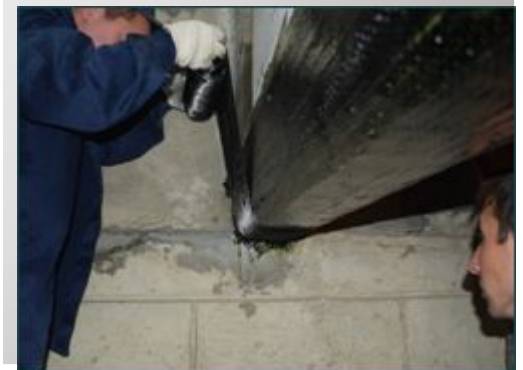
Одним из таких способов является устройство внешнего армирования из высокопрочных и высокомодульных искусственных волокон. Наибольшее распространение получили углеродные волокна, имеющие наилучшее на сегодняшний день соотношение цена/качество.

Углеродное волокно — современный материал, который состоит из тончайших нитей диаметром 5-15 микрон, образованных в основном атомами углерода. Атомы объединены в мельчайшие кристаллы, расположенные параллельно друг другу. Благодаря такому выравниванию кристаллов углеволокно обладает значительной прочностью на растяжение.



## Основные случаи применения метода:

- повреждение строительной конструкции, которое привело к снижению её несущей способности, жесткости и трещиностойкости;
- изменение условий эксплуатации, выражающееся, прежде всего, в изменении величины, характера и расположения нагрузок;
- изменение расчетной схемы конструкции;
- необходимость повысить надежность и долговечность конструкции.





Основная сфера применения элементов внешнего армирования из углеволокна при усилении каменных конструкций — внецентренно-сжатые элементы, т.е. столбы, пилоны и простенки.

Обоймы из углеволокна (углехолста) являются эффективной альтернативой стальным обоймам, поскольку их включение в работу усиливаемого элемента обеспечивается просто во время монтажа холста на усиливаемый элемент через клеевой слой.

Натурные испытания кирпичных столбов, проведенные в лаборатории каменных конструкций ЦНИИСК в 2004г по инициативе и под руководством к.т.н. Грановского А.В., показали 1,5-2,0 кратное увеличение несущей способности кирпичных столбов, усиленных бандажами из углехолста.

Применение элементов внешнего армирования из углеволокна позволяет в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции, минимально нарушая её целостность.

Отдельный вопрос — это усиление каменных стен, поврежденных в результате просадок фундаментов или имеющих отверстия в виде технологических, дверных, оконных проемов.

Применение элементов внешнего армирования из углеволокна для усиления перечисленных конструкций позволяет избежать установки точечных анкеров, вовлечь больший объем материала в работу отдельного элемента, реализовать и

