

УДК 69.07

## **ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Қойсова Зарина Сулейменқызы**

[z.koissova@mail.ru](mailto:z.koissova@mail.ru)

Магистрант кафедры «Проектирование зданий и сооружений»

Архитектурно-строительного факультета

ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель –Цыгулёв Д.В.

В последние годы способ внешнего армирования получил мощный импульс для дальнейшего развития. Наравне с традиционными способами усиления железобетонных конструкций, композитные материалы из высокопрочных волокон (углеродных, арамидных, стеклянных волокон и др.) получили широкое применение.

Данная технология применяется при решении всевозможных задач по ремонту и усилению (восстановление несущей способности) конструкций [1]:

- переоборудование, перепрофилирование промышленных и общественных зданий;
- исправление дефектов проектирования или возведения зданий, таких как недостаточное армирование в изгибаемых элементах или низкая прочность бетона на сжатие в колоннах;

- восстановление после пожаров, взрывов и других чрезвычайных ситуаций;

- усиление конструкций для повышения сейсмостойчивости здания или сооружения;

- усиление конструкций в условиях агрессивной среды;

- усиление проемов в железобетонных конструкциях.

Технология выполнения работ по усилению железобетонных конструкций и контролю качества включает в себя:

1. подготовку поверхности конструкции;

2. монтаж листового материала;

3. контроль качества производства работ;

4. нанесения защитного слоя от воздействия окружающей среды;

5. промывку оборудования.

Используемые для ремонта и усиления конструкций композитные материалы на базе углеродных волокон можно подразделить на две группы:

1. ткани – формируемые непосредственно при производстве работ на строительном объекте. Композиты первой группы основывается на использовании углеродной ткани с расположением волокон в одном (однонаправленные) или в двух (двунаправленные)

направлениях. Эти ткани поставляются в рулонах и применяются при т.н. "мокрое" способе. Они наклеиваются на поверхность восстанавливаемой или усиливаемой конструкции послойно с помощью специальных эпоксидных смол с пропиткой смолами каждого слоя. Композит формируется при отверждении смолы в естественных условиях.

2. ламинаты – жесткие (как правило, "однонаправленные"). Они производятся в заводских условиях путем пропитки углеродной ткани в ванне с эпоксидным составом, формирования пакета из необходимого количества слоев пропитанной ткани и последующей его термообработки до полного отверждения смолы. Полученные жесткие композиционные ленты называют "ламинатами". Ламинаты наклеивают на усиливаемую конструкцию, как правило, одним слоем.

Ламинаты изготавливают длиной до 250 м, шириной 5 - 15 см при толщине 1,2 - 1,5 мм. Их доставляют на объект свернутыми в рулон и разрезают на гильотинных ножницах или обрезной машиной на отрезки необходимой длины. Стоимость ламинатов значительно выше стоимости тканей, однако трудоемкость работ при их использовании может быть ниже, чем при "мокрое" (послойном) способе усиления. В то же время требуются большие дополнительные трудовые и материальные затраты на подготовку поверхности конструкции (выравнивание) перед наклейкой. Возможности применения "мокрого" способа формирования композита шире, чем при использовании ламинатов, т.к. с помощью мягкой ткани можно легко выполнять даже сложные пространственные формы с объемным перераспределением усилий в восстанавливаемых элементах конструкций. Пример усиления композитными материалами приведен на рис. 1.



Рис. 1. Пример усиления композитными материалами (Система холстов).

Ламинаты и ткани на основе углеродных волокон рекомендуется использовать для усиления изгибаемых (балочных и плитных), внецентренно сжатых (колонны) железобетонных и стальных конструкций, а материалы на основе стекловолокон - для усиления центрально сжатых железобетонных конструкций (колонн, свай), кирпичной кладки (усиление стен, простенков) и деревянных конструкций.

Подготовка бетонной подложки предусматривает удаление бетона в деструктивных зонах, очистку поверхности бетона и арматуры, обработку их специальными ингибиторами коррозии. Прочность бетонной подложки (на отрыв) должна составлять не менее 1,5 МПа. Трещины с раскрытием более 0,2 мм должны быть заинъекцированы эпоксидной смолой. Неплоскостность поверхности при наклейке ламинатов не должна превышать 2 мм на базе 2 м, при использовании тканей требования по неровности поверхности менее жесткие [2].

При выполнении работ по усилению железобетонных конструкций композитными материалами используются три вида эпоксидных материалов:

- грунтовки, наносимые на подложку с помощью кисти или валика: они пропитывают поверхностный слой, укрепляя его;
- шпатлевки для заделки мелких неровностей подложки перед наклейкой элементов усиления;

- непосредственно адгезивные составы для наклейки полос ламината или тканей.

Адгезивные составы наносятся на основание тонким (не более 1 мм) слоем с помощью шпателя. В случае использования ламинатов, адгезив наносится и на ленту, наклеиваемая поверхность которой должна быть перед этим тщательно очищена чистой мягкой тканью, смоченной ацетоном. После этого ленту укладывают на основание (клей к клею) и прикатывают резиновым валиком. Избытки клея, выдавливаемые по краям ленты, тщательно удаляют. Приклеенный ламинат не следует тревожить, по крайней мере, в течение суток.

При использовании тканей адгезив наносят только на подложку. После этого ткань накладывается на бетонную поверхность и аккуратно вдавливаются в клей с помощью шпателя или валика. Предпочтительно использование рифленых валиков, что способствует лучшему пропитыванию тканей при разделении волокон и выходу вовлеченного в адгезив воздуха. После прикатки осуществляется выдержка в течение 30 мин. для лучшей пропитки ткани, после чего укладывается второй слой адгезива и ткани. При наклейке ткани на потолочную поверхность иногда приходится дожидаться полимеризации предыдущего слоя до наклейки следующего. По завершении наклейки всех слоев на верхний наносится защитное покрытие (рис. 2).

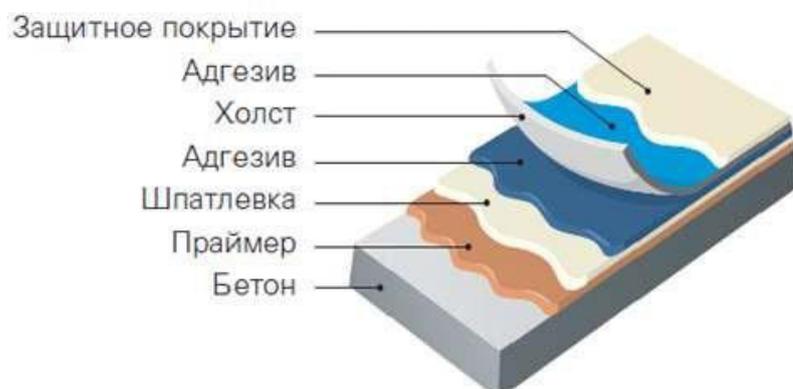


Рис. 2. Последовательность усиления композитными материалами (Система холстов).

Отслоение полосы композитного материала вдоль поверхности растянутой зоны и отрыв по конечным участкам бетона является одной из основных причин потери работоспособности усиленного железобетонного элемента. Анкеровку необходимо производить в местах действия максимальных касательных напряжений на границе раздела бетона и композиционного материала. Так, для изгибаемых конструкций углеродные ткани, в отличие от ламинатов, могут быть приклеены не только по работающей на растяжение плоскости конструкции, но и выходить на вертикальные стороны балок, ригелей и т.п., обеспечивая достаточное сцепление. Совместность работы элементов усиления из тканей с конструкцией может быть улучшена, также, посредством тканевых биндажей и хомутов (рис.3.).

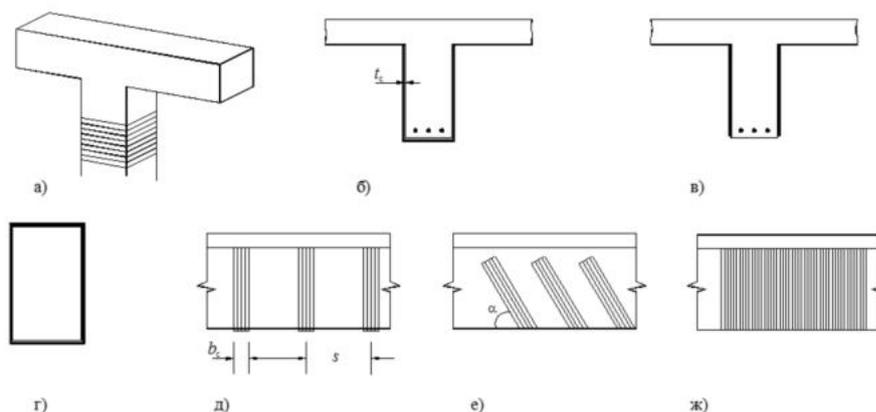


Рис. 3. Схема усиление колонн и балок холстовыми композиционными материалами.

а) усиление колонны; б) усиление балки U-образным композитным материалом; в) усиление балки по сторонам; г) охватывающее (на все сечение) усиление прямоугольной формы; д) вертикальные ленты, е) наклонные ленты; ж) усиление по длине.

Для углепластиковой накладки толщиной до 2 мм эффективная длина анкеровки составляет не менее 150 мм [3].

При оборачивании конструкций в поперечном направлении лентой, на наружных углах конструкции необходимо выполнить фаски с катетом 1-2 см, либо скругления с радиусом 1-2 см, а на внутренних углах ремонтными смесями выполнить галтель радиусом не менее 20 см [4] (рис. 4).



Рис. 4. Подготовка углов конструкции перед наклейкой композитного материала

Для технико-экономического сравнения рассмотрим усиление консоли колонны преднапряженными затяжками, бетонированием и усилением композитными материалами. Результаты сравнения приведены в таблице 1. [5]

Таблица 1 – Сравнение способов усиления колонн по технико-экономическим показателям.

Способ усиления	Расход металла, т	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Остановка производства	Дополнительные работы	Осложнение эксплуатации
Усиление консолей колонн преднапряженными затяжками	0,226	-	да	Выравнивание поверхностей для уголков, восстановление зоны опирания подкрановой балки	Периодическое восстановление величины преднапряжения арматуры
Бетонирование подконсольной части	0,17	4,36	да	-	Увеличение сечения колонны
Усиление композитными материалами	Расход материала: эпоксидного клея — 14,18 кг, углеткани — 7,55 м <sup>2</sup>		нет	Восстановления бетонного основания	-

Сравнив расходы на усиление консоли колонн установлено, что усиление композитными материалами не требует остановки производства и расход материала намного меньше чем при других видах усиления.

Усиления конструкций композитными материалами рядом технологических преимуществ по сравнению с традиционно применяемыми технологиями усиления. Данный вид усиления позволяет значительно повысить несущую способность элементов зданий и сооружений, а также продлить их сроки эксплуатации, предотвратить или устранить аварийную ситуацию, устранить ошибки или проектирования, а главное – обеспечить надежную эксплуатацию и долговечность конструкции в целом.

#### **Список использованных источников**

1. Халтурин Ю.В., Кузовенко А.В. Использование композитных материалов при реконструкции зданий и сооружений // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2014. – № 1-2. – С. 51–54.
2. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций // Бетон и железобетон-2002. -№6. -С.17-20.
3. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. М: «Стройиздат», 2007, 184 с.
4. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. ГУПНИ-ИЖБ. М.: Интераква, 2006. 48 с.
5. Жуков А. Н. Сравнение способов усиления железобетонных консолей колонн по технико-экономическим показателям // Молодой ученый. — 2014. — №11. — С. 49-51. — URL <https://moluch.ru/archive/70/12013/>.