

УДК 69.059.25: 624.012.45

П. В. ЛЕБЕДЕНКО, Н. В. ПРЯДКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМ

В данной статье рассмотрены вопросы и нюансы усиления зданий и сооружений, представлены принципиальные схемы усиления основных типов конструкций композитными материалами и технология производства работ по их усилению. Проведен сравнительный анализ методов усиления конструкций внешним армированием фиброармированными системами и стальными конструкциями.

композитные материалы, усиление конструкций, армирование, дефекты, повреждения, реконструкция

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях большого объема гражданского и промышленного строительства и необходимость его реконструкции вопросы возникновения дефектов в конструкциях и методы их устранения являются весьма актуальными.

ЦЕЛЬ

Изучение целесообразности применения композитных материалов с целью уменьшения веса и материалоемкости конструкции усиления.

Новым, перспективным направлением в решении вопросов усиления железобетонных, каменных и деревянных конструкций и сооружений является использование технологии приклеивания элементов из композитных материалов.

Система приклеивания элементов из композитных материалов предназначена для увеличения несущей способности железобетонных, каменных и деревянных конструкций. Основными элементами системы являются ленты из композитных материалов, специальный клей для крепления лент к поверхности конструкций и ремонтные составы для устранения дефектов в конструкциях.

Усиление конструкций производится внешним армированием композитными материалами на основе углеродных, арамидных, базальтовых и стеклянных волокон (фиброармированными системами, далее ФАС) [1].

Усиление железобетонных конструкций элементами внешнего армирования из высокопрочных волокон применяется с давних пор, хотя для нас оно, к сожалению, достаточно новая вещь. В Швейцарии оно используется уже 45 лет. Его основные преимущества следующие: 1) совместная работа элемента внешнего армирования с усиливаемой конструкцией на всех этапах ее загрузки (такая работа обеспечивается надежным клеевым соединением); 2) высокая долговечность и стойкость к коррозии;

3) высокие механические характеристики (прочность и модуль упругости) материалов, составляющих систему усиления; 4) простота монтажа и малый собственный вес и др.

Внешние ФАС используются для продольного и поперечного армирования стержневых элементов, для создания армирующих усиливающих оболочек на колоннах и опорах мостов, эстакад, консолях колонн, для усиления плит, оболочек, элементов ферм и других конструкций.

Рациональной степенью усиления с помощью системы ФАС является диапазон 10...60 % от начальной несущей способности усиливаемой конструкции.

Система усиления ФАС может применяться, если фактическая прочность на сжатие бетона конструкции составляет не менее 15 МПа. Это ограничение не распространяется на усиление сжатых и внецентренно сжатых элементов горизонтальными обоймами, когда важна только механическая связь обоймы с конструкцией.

Максимальная эксплуатационная температура работы фиброармированных систем не должна превышать температуру стеклования полимерной матрицы и клея (ориентировочно 60...150 °С).

Материалы. Характеристики бетона и арматуры при отсутствии в них повреждений принимаются в соответствии со ДБН В.2.6-98:2009 [2].

При наличии результатов обследования усиливаемых конструкций назначение характеристик бетона и арматуры производят с учетом требований ДБН В.3.1-1-2002 [3], [4], [5].

Для армирования в системе ФАС используются: стекловолокно, арамидные и углеродные волокна. Физико-механические свойства волокон и отвержденных пластиков представлены в справочных Приложениях 5–7 [1].

При проектировании усиления железобетонных конструкций с использованием внешнего армирования из ФАС используется метод расчета по предельным состояниям.

Система усиления на основе ФАС должна проектироваться на восприятие растягивающих усилий с учетом совместности деформаций внешней арматуры и бетона конструкции.

Технология производства работ. Система усиления ФАС включает в себя: грунтовки бетонных поверхностей; шпаклевочные составы; адгезивы; одно или двунаправленные ткани или ламинаты.

Грунтовки наносят на всю оклеиваемую поверхность для пропитки бетонного основания и обеспечения необходимого сцепления адгезива и пропитываемого ткань состава с бетонной поверхностью.

Шпаклевочные составы применяют для заполнения каверн и выравнивания поверхности.

Как правило, для системы ФАС применяются эпоксидные, полиэфирные или винилэфирные смолы (наиболее универсальными являются эпоксидные смолы).

Принципиальные схемы усиления основных типов конструкций. Усиление сжатых и внецентренно сжатых конструкций (колонны, простенки) осуществляется путем устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон перпендикулярно продольной оси усиливаемой конструкции. Бандажи устанавливаются по всей высоте конструкции (рис. 1).

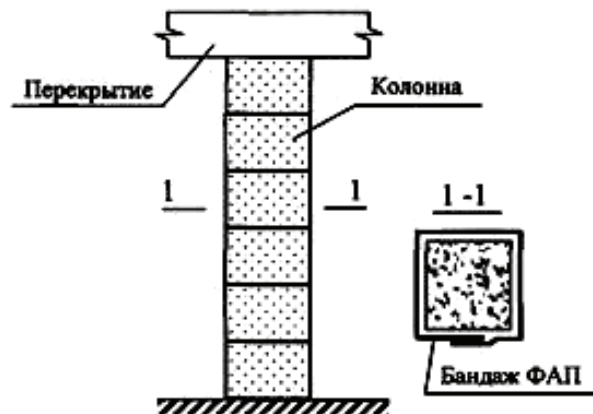


Рисунок 1 – Принципиальная схема усиления колонны.

Усиление изгибаемых балочных конструкций осуществляется наклейкой ФАС на нижнюю поверхность ребра с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции и вертикальных либо наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси (рис. 2).

Усиление плитных конструкций осуществляется наклейкой на нижнюю поверхность накладок ФАС с направлением волокон вдоль оси конструкции и поверх них поперечных накладок с направлением волокон перпендикулярно продольных накладок (рис. 3).

Подготовка основания под наклейку. Под основанием подразумевается поверхность бетона, на которую производится наклейка усиливающего элемента – ламината или ткани.

До наклеивания усиливающих элементов (лент, ткани, ламинатов) поверхность основания должна быть выровнена, а локальные геометрические дефекты устранены.

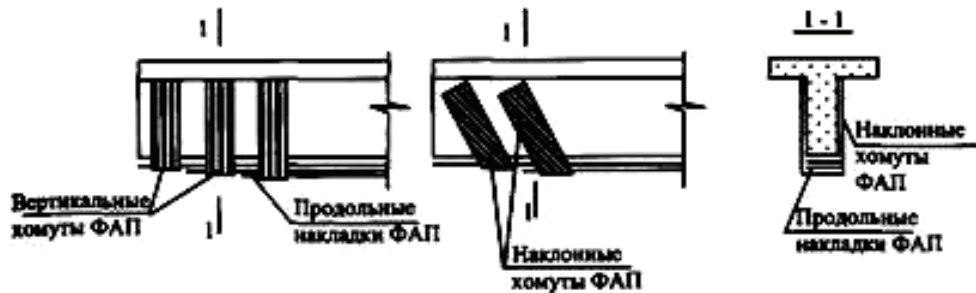


Рисунок 2 – Принципиальная схема усиления балки.

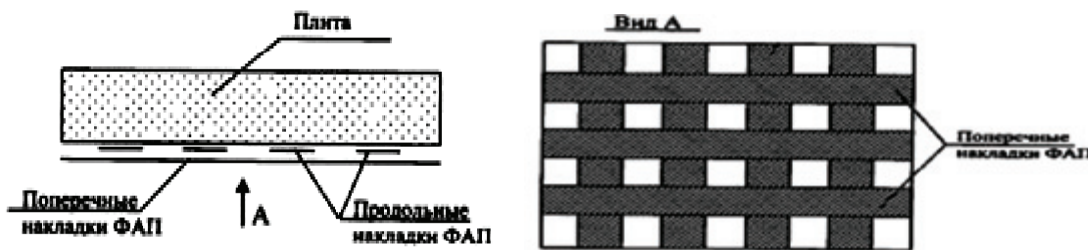


Рисунок 3 – Принципиальная схема усиления плит.

Поверхность бетона должна быть очищена от краски, масла, жирных пятен, цементной пленки.

Для лучшего сцепления адгезива с бетоном поверхность основания должна быть шероховатой.

После очистки поверхность бетона обрабатывается грунтовочным составом с целью упрочнения основания и улучшения сцепления адгезива с бетонной поверхностью.

Неплоскостность поверхности должна быть меньше 5 мм на базе 2 м или 1 мм на базе 0,3 м. Мелкие дефекты (сколы, раковины, каверны) не должны быть глубже 5 мм и площадью не более 25 см². Такие дефекты должны быть устранены с помощью полимерцементных ремонтных смесей с быстрым набором прочности. Выравнивание значительных (более 25 см²) участков поверхности производится с использованием полимерцементных ремонтных составов с наполнителем в виде песка и мелкого щебня.

В случае разрушения (отслоения) защитного слоя бетона в результате коррозии арматуры следует удалить его, очистить обнаженную арматуру от продуктов коррозии, обработать ее преобразователем ржавчины и после этого восстановить защитный слой специальными ремонтными составами.

Прочность основания на сжатие должна быть не менее 15 МПа.

Трещины с раскрытием более 0,3 мм должны быть отремонтированы низковязкими эпоксидными или полиуретановыми составами, трещины с меньшим раскрытием могут быть затерты полимерцементным раствором.

Значительный эффект от усиления конструкций композитными материалами может быть достигнут при усилении балок и плит покрытия промзданий, которые при усилении традиционными методами требуют сложных конструктивных решений, больших затрат труда, остановки технологического процесса производства при производстве работ по усилению, вес конструкций усиления зачастую оказывается значительным (рис. 4).

Применение для усиления конструкций покрытия композитных материалов требует всего лишь установки легких подмостей (возможна работа с автоподъемников) и не занимает много времени (рис. 5).

ВЫВОДЫ

Безусловно, у рассматриваемого усиления имеются и недостатки. Кроме высокой стоимости самих элементов армирования, это и необходимость их защиты от огня. Дело в том, что температура стеклования эпоксидного клея составляет только 60...650 °С, даже в случае самых лучших эпоксидов. Поэтому необходимо очень тщательно готовить бетонную поверхность для обеспечения надежной анкеровки, а это и регламентные работы, которые необходимо проводить для усиления.

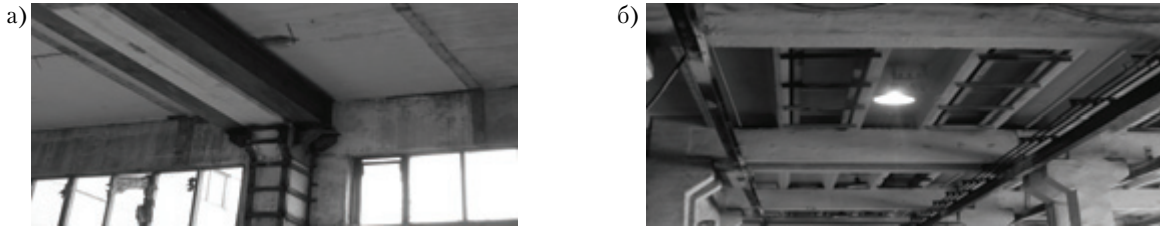


Рисунок 4 – Усиление балок (а) и плит покрытия (б) традиционными методами.



Рисунок 5 – Усиление продольных и поперечных ребер железобетонных плит покрытия внешним армированием композитным материалом на основе углеродных волокон.

Сравнение метода усиления конструкций фиброармированными системами с методом усиления стальными конструкциями приведено в таблице.

Таблица – Сравнение усилений

Усиление конструкций стальным прокатом		Усиление конструкций композитными материалами	
Достоинства:	Недостатки:	Достоинства:	Недостатки:
<p>Стальной прокат обладает относительно низкой стоимостью и достаточной усталостной прочностью.</p>	<p>Возможна коррозия стальных элементов. Стальные элементы обладают значительным весом. Высокая сложность и трудоемкость работы, требующая работников высокой квалификации. Для выполнения работ зачастую требуются сложные монтажные приспособления и приостановка технологического процесса производства на предприятии.</p>	<p>Отличная стойкость к коррозии. Композитные панели имеют уникальную прочность на растяжение, на порядок выше, чем стальные, а также обладают очень высокой усталостной прочностью. Быстрота процесса усиления конструкций. Отсутствует необходимость устройства рабочих площадок (работы могут выполняться с автоподъемника). Простое соединение композитного материала с усиливаемым элементом при помощи клея.</p>	<p>Относительно высокая стоимость. Необходимость защиты от огня.</p>

Как видно из таблицы приоритеты использования для усиления железобетонных конструкций фиброармированных систем неоспоримы!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений [Текст] / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1984. – 36 с.
2. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

3. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд [Текст]. – Вводяться вперше ; введ. 01.07.2003. – Київ : Держбуду України, 2003. – 84 с.
4. Методические рекомендации по обследованию некоторых частей зданий (сооружений) и их конструкций [Текст] / [(НИИСП), г. Киев при участии: (НИИСК), г. Киев, Харьковского ПромстройНИИпроекта, НИПИРеконструкции зданий и сооружений, г. Луганск, Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, г. Днепропетровск, НИИпроектреструкция, г. Киев, Донецкого ПромстройНИИпроекта, г. Донецк]. – К., 1999. – 22 с.
5. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий [Текст] / АОЦНИИПромзданий. – М. : [б. и.], 1997. – 141 с.

Получено 07.03.2016

П. В. ЛЕБЕДЕНКО, М. В. ПРЯДКО
ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ КОМПОЗИТНИМИ
МАТЕРІАЛАМИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У даній статті розглянуті питання і нюанси посилення будівель і споруд, надані принципові схеми посилення основних типів конструкцій композитними матеріалами і технологія виконання робіт по їх посиленню. Проведено порівняльний аналіз методів посилення конструкцій зовнішнім армуванням фіброармованими системами і сталевими конструкціями.

композитні матеріали, посилення конструкцій, армування, дефекти, пошкодження, реконструкція

PAVEL LEBEDENKO, NIKOLAY PRYADKO
STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH
COMPOSITE MATERIALS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article describes the issues and nuances of strengthening of buildings and structures, presented concepts to strengthen basic types of structures with composite materials technology and production work on their strengthening. A comparative analysis of the methods of strengthening reinforcement fiber reinforced structures outside systems and steel structures has been carried out.

composite materials, structural reinforcement, reinforcement, defects, damage, reconstruction

Лебеденко Павло Валерійович – студент, магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: рішення проблем підсилення конструкцій будівель і споруд. Участь в розробці реконструкції будівель.

Прядко Микола Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: обстеження і реконструкція будівель і споруд.

Лебеденко Павел Валериевич – студент, магістр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: решение проблем усиления конструкций зданий и сооружений. Участие в разработке реконструкции зданий.

Прядко Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: обследование и реконструкция зданий и сооружений.

Lebedenko Pavel – student, master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests include problem solving enhance the buildings and structures. Participation in the reconstruction of buildings.

Pryadko Nikolay – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Architecture of Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation and reconstruction of buildings and structures.