

УДК 528

## УСИЛЕНИЕ КОЛОНН ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПУТЕМ УСТРОЙСТВА ОБОЙМ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ



### REINFORCEMENT OF COLUMNS OF BUILDINGS AND STRUCTURES BY DEVICE OF CLIPS FROM COMPOSITE MATERIALS

**Токарева Екатерина Александровна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
miss.bewz2017@gmail.com

**Куркаева Екатерина Владимировна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
katya.kurkaeva@mail.ru

**Березина Анастасия Игоревна**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
nastya.berezina.2011@mail.ru

**Аннотация.** При наличии огромного количества способов усиления конструкций, в последнее время можно наблюдать рост использования прогрессивных материалов. В настоящей статье рассматриваются различные варианты усиления колонн композитными материалами. Приводится сравнение по нескольким параметрам обойм из железобетона, композитов и стали, отмечаются их достоинства и недостатки. Показано влияние различных факторов на эффективность применения обойм из рассматриваемых материалов.

**Ключевые слова:** колонны, композитные материалы, обойма, усиление, строительные конструкции, несущая способность, жесткость, поперечное сечение.

**Tokareva Ekaterina Alexandrovna**  
Student,  
Kuban State Technological University  
miss.bewz2017@gmail.com

**Kurkaeva Ekaterina Vladimirovna**  
Student,  
Kuban State Technological University  
katya.kurkaeva@mail.ru

**Berezina Anastasiya Igorevna**  
Student,  
Kuban State Technological University  
nastya.berezina.2011@mail.ru

**Annotation.** With a huge number of ways to strengthen structures, in recent years, we can observe an increase in the use of progressive materials. This article discusses options of reinforcing columns with composite materials. A comparison is made for several parameters of cage made of reinforced concrete, composites and steel, their advantages and disadvantages are noted. The influence of various factors on the efficiency of using cage made of the materials under consideration is shown.

**Keywords:** columns, composite materials, cage, reinforcement, building structures, load capacity, stiffness, lateral section.

**В** настоящее время происходит прогрессирующее развитие строительства в мире. Сроки эксплуатации многих зданий в нашей стране превышают допустимые нормы. В следствие этого остаются здания и сооружения, требующие своевременного восстановления, конструкции которых в процессе эксплуатации подверглись физическому и моральному износу. Растет необходимость обеспечения надежности эксплуатации жилых домов, административных и промышленных зданий и сооружений.

Реконструкция в строительной отрасли занимает особое место. Поэтому при рассмотрении вопросов обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений широко употребляется термин «усиление строительной конструкции», как комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции.

Наиболее распространенные в мировой практике способы усиления:

- увеличение площади поперечного сечения элементов конструкции;
- изменение конструктивной схемы здания и сооружения или отдельных элементов его, в результате чего меняется расчетная схема;
- использование композитных материалов.

В случае применения в качестве усиления композитных материалов, в сущности, применяется тот же способ увеличения поперечного сечения конструкции. Способ усиления элементов зданий и сооружений композитными материалами заключается в сцеплении последних с железобетонными конструкциями через предварительно под-

готовленную поверхность, что придает им необходимые характеристики и не оказывает практически никакого влияния на изменение веса конструкции [3].

Актуальность их применения объясняется их сравнительно высокой прочностью, большой сопротивляемостью прониканию, стойкостью к механическим повреждениям и к воздействию многих химических веществ. К отрицательным показателям композитных материалов можно отнести: низкую огнестойкость; ухудшение свойств при прямом воздействии ультрафиолетовых лучей; возможное трещинообразование при изменении объема в условиях ограничения свободы деформаций. Огромное влияние на физико-механические свойства этих материалов оказывают температурные изменения окружающей среды. Деформации ползучести характерны при развитии высоких температур.

Важным вопросом, который решается при проектировании конструкций усиленных композитами, является выбор материала, применяемого для данной конструкции. От принятого решения во многом зависит эффективность дальнейшей работы конструкции.

Когда планируется изменение величины нагрузки на здание и сооружение в сторону увеличения, очень часто приходится производить усиление такой конструкции здания или сооружения как колонна. Выполняют это для того чтобы повысить несущую способность и жесткость, а также повысить надежность при землетрясениях и других особых нагрузках. Классически при данных обстоятельствах использовались бы следующие способы усиления:

- охватывание колонны стальными обоймами;
- наращивание поперечного сечения колонны присоединением бетонного или железобетонного элемента.

Применение обоев из композитного материала для усиления колонн стало применяться относительно недавно – в середине 1990-х г.

В том случае, если колонна находится под осевой нагрузкой, композитный материал после достижения пластичности, изменяет деформации в пределах упругой зоны вплоть до разрушения, оказывая увеличивающееся пассивное радиальное давление, что не скажешь о стали, которая создает постоянное радиальное давление на бетонный образец.

При изучении деформаций усиленного бетона композитными материалами было установлено, что на первоначальном этапе протекают изменения аналогичные тому, если бы бетон не был усилен. Но это длится лишь до того как композитная обойма не начнет вызывать появление радиальных напряжений в бетоне. И в тот момент, когда в испытуемом образце будут достигнуты предельные деформации сжатия для материала, обойма, которая охватывает материал, полностью вступает в работу. На данном этапе деформирования элемента диаграмма «напряжение-деформация» становится линейной с углом наклона, пропорциональным жесткости обоймы КМФ [4].

Так же следует отметить разницу в усилении колонн различных форм поперечных сечений. Применение обоев из КМФ для круглой колонны более эффективно, чем для прямоугольной или квадратной из-за концентрации напряжений в углах конструкций. При усилении второго варианта поперечного сечения необходимо скруглять углы разными значениями радиусов, в зависимости от вида применяемого материала.

Обойма из КМФ может состоять из активных или пассивных слоев или их комбинации. Активные слои, то есть преднапряженные, оказывают радиальное давление раньше, нежели пассивные, которые окажут радиальное давление только при расширении бетона колонны при сжатии.

Также следует отметить, что в том случае, когда велика вероятность изменения гибкости элемента, предпочтительнее будет использование композитных материалов арамидных или из стекловолокна. Если же присутствует возможность возрастания эксплуатационной нагрузки рекомендовано применение углеродных композитных материалов [2].

Различают несколько способов усиления колонн из композитных материалов:

- усиление обоймой из КМФ цилиндрической колонны по всей ее длине с расположением волокон композитного материала перпендикулярно продольной оси колонны;
- частичное усиление колонны кольцами из КМФ;

- усиление обоймой из КМФ с произвольным расположением волокон относительно продольной оси колонны;
- усиление колонн некруглой формы поперечного сечения.

При расчете колонн, для которых применяют обоймы из композитных материалов, следует руководствоваться указаниями пунктов 3.47-3.49 СП63.13330. Но обязательно следует ограничивать значения напряжений возникающих в композитах. Они должны быть приняты в % от предельных: для КМФУ (композитные материалы на основе углеродных волокон) – 80 %, КМФА (композитные материалы на основе арамидных волокон) – 70 %, КМФС (композитные материалы на основе стекловолокон) – 30 %. Приведенные ограничения напряжений в композитных материалах взяты из литературных источников [1].

Следует отметить, что при усилении колонн материалами из КМФ жесткость на изгиб увеличивается, и как следствие наблюдается возрастание действия внутренних усилий. В зависимости от того, какой метод усиления принят, а также от того какой формы сечения элемент используется, происходит увеличение действующих усилий в колонне. Этот момент должен быть обязательно принят во внимание при проектировании здания. На диаграмме (рис. 1) наглядно представлено увеличение действующих в колонне продольных сил в зависимости от принятого способа усиления в % к ранее действующим усилиям, а также от формы поперечного сечения колонны.

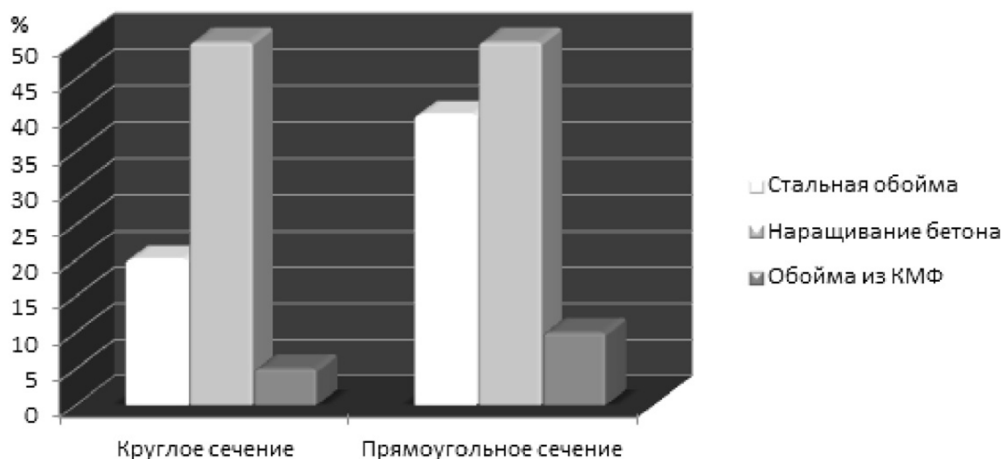


Рисунок 1 – Сравнительное увеличение действующей продольной силы (%) в колонне

Рассмотреть преимущество и недостатки усиления колонн композитными материалами по сравнению с другими способами можно наглядно в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение способов усиления по степени влияния на различные параметры

| Способ усиления    | Увеличение веса конструкции | Изменение размеров конструкции | Радиальное давление | Увеличение изгибающих усилий | Трудоемкость применения | Коррозия |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|----------|
| Обойма из КМФ      | +                           | +                              | ++                  | +                            | +                       | ++       |
| Наращивание бетона | –                           | –                              | –                   | —                            | —                       | +/-      |
| Стальная обойма    | –                           | –                              | –                   | –                            | —                       | —        |

«+» – хорошо; «–» – плохо; «++» – очень хорошо; «—» – очень плохо; «+/-» – нейтрально.

Преимущества использования композитных материалов для усиления колонн обоймами очевидны из результатов таблицы 1 в сравнении с другими. Мы имеем увеличение запаса гибкости элемента при минимальном увеличении изгибающих усилий.

Если же мы применяем стальные обоймы, то коррозионное воздействие, особенно если мы работаем в условиях повышенной агрессивности среды, в той или иной мере нейтрализует эффект усиления. А также деформационные характеристики стали

и бетона имеют некоторую несовместимость. И таким образом, альтернативным способом усиления становится обоймы из КМФ [5].

Не маловажным преимуществом композитных материалов является их технологичность. В условиях функционирующего производства время простоя оборудования значительно уменьшается. И ко всему перечисленному, обоймы из КМФ имеют сравнительно не большую толщину.

Поэтому в каждом конкретном случае стоит изучить все факторы, которые так или иначе влияют на выбор материала для усиления конструкции, для того чтобы выбранный способ оказался максимально эффективным.

### Литература

1. Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. Seismic design and retrofit of bridges. – 1996. – P. 78.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
4. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
5. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.

### References

1. Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. Seismic design and retrofit of bridges. – 1996. – P. 78.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Peculiarities of reinforcement of building structures with composite polymeric materials at high and low temperatures // Prospects of Science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
3. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // In the collection: Actual issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
4. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their influence on the properties of materials // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
5. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of strengthening reinforced concrete columns // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.