

УДК 69.059.32

**ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА  
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**



**THE USE OF CARBON FIBER  
IN THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

**Потужная Ирина Романовна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
iririna17@mail.ru

**Полурядникова Ирина Андреевна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
irishka.99.buguruslan@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье подробно разобран вопрос применения углеродного волокна при реконструкции зданий и сооружений. Дано определение углеволокна, а также его основные преимущества перед другими видами материалов. Описана технология усиления конструкций, и для каких элементов и конструкций возможно применение данного вида усиления. В статье указано, каким требованиям должна соответствовать эффективная технология усиления зданий и сооружений углеволокном. Также дана информация о том, каким сводом правил необходимо пользоваться при проектировании системы армирования из углеродного волокна.

**Ключевые слова:** углеродное волокно, углеволокно, прочность, конструкция, сооружение, технология.

**Potuzhnaya Irina Romanovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
iririna17@mail.ru

**Poluryadnikova Irina Andreevna**

Student,  
Kuban State Technological University  
irishka.99.buguruslan@mail.ru

**Annotation.** This article discusses in detail the use of carbon fiber in the reconstruction of buildings and structures. The definition of carbon fiber is given, as well as its main advantages over other types of materials. The technology of reinforcement of structures is described, and for which elements and structures it is possible to use this type of reinforcement. The article specifies what requirements should be met by an effective technology for strengthening buildings and structures with carbon fiber. It also provides information on what set of rules should be used when designing a carbon fiber reinforcement system.

**Keywords:** carbon fiber, carbon fiber, strength, construction, structure, technology.

**Н** а сегодняшний день реконструкция, как и любая другая сфера, не обходится без внедрения новых технологий. Одна из основных задач – предотвращение проблем, связанных с прочностью зданий и сооружений [1, с. 13]. При реконструкции необходимо усиливать и сопрягать здание в целом или отдельные элементы конструкции, что определяется по результатам обследований и расчетов. При реконструкции важно сохранить архитектурную выразительность сооружения. Одной из инновационных методик является применение углеродного волокна для замены подверженных коррозии материалов на другие, которые менее подвержены воздействию агрессивных сред [2, с. 134].

Углеродное волокно – линейно-упругий композитный материал, получаемый при обработке химических или природных органических волокон. При этом в материале волокна остаётся около 90 % атомов углерода [3, с. 22]. На сегодняшний день углеволокно наиболее популярно среди других композитных материалов. Оно на 30 % легче алюминия, на 75 % – железа, но при этом прочность на разрыв углеволокна в 4 раза превосходит наилучшие марки стали [4, с. 67]. Также углеволокно имеет низкий удельный вес, а при нагревании расширяется незначительно. Оно обладает высокой огнеупорностью и ударопрочностью.

При реконструкции усиление сооружений происходит при помощи наклеивания на части сооружений высокопрочных холстов на специальный эпоксидный клей, обладающий высокой адгезией к железобетону [5, с. 18]. В процессе осуществления армирования углеволокно при вступлении в химическую реакцию с данным клеем превра-

щается в жесткий пластик, при этом его прочность превышает в 6–7 раз прочность стали. Усиление конструкций должно выполняться по подготовленным с помощью пропитки и грунтовки поверхностям. Усиление углеволокном можно применять для:

- изгибаемых конструкций в растянутых зонах;
- приопорных участков в зоне действия поперечных сил;
- сжатых элементов;
- внецентренно сжатых элементов.

Одним из важных преимуществ применения углеволокна для реконструкции зданий и сооружений является то, что в процессе осуществления усиления конструкции нет необходимости в прекращении эксплуатации усиливаемого сооружения [6, с. 501]. Также происходит сокращение временных и трудовых затрат. Углеволокно можно применять для усиления конструкций любой конфигурации и сложности, что делает данный вид усиления универсальным [7, с. 19]. Так, его можно использовать для усиления: закруглённых и угловых поверхностей, ребристых плит перекрытия, балочных элементов рамной конструкции, тавровых балок мостовых пролётов, характеризующихся малой шириной ребра.

Эффективная технология армирования должна соответствовать следующим требованиям: естественная влажность конструкции не препятствует монтажу армирующих элементов, элементы армирования надёжно прикрепляются к любым строительным материалам, что гарантирует эффективную передачу усилий с усиливаемой конструкции на армирующие элементы, материалы, используемые в процессе армирования, должны характеризоваться стабильными свойствами во времени, модули упругости и прочности армирующих элементов должны быть представлены в широкой вариации, чтобы возможно было армировать конструкции из любых материалов (железобетон, металл, камень и т.д.) [8, с. 17]. Необходимость использования углеволокна при реставрации возникает при: повреждении конструкции, которое ведёт к снижению несущей способности; необходимости повышения устойчивости к трещинам, жесткости; изменении условий эксплуатации сооружения (величина и характер нагрузок); необходимости повышения сейсмостойкости; необходимости увеличения межремонтных промежутков [8, с. 20].

При проектировании системы армирования из углеволокна необходимо руководствоваться СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования». Углеволокно наклеивается в зонах наибольшей нагрузки – центральная часть пролёта и место соприкосновения с нижней гранью конструкции [9, с. 77]. Так происходит значительное повышение несущей способности конструкции по изгибающим моментам. Для такой реконструкции применяются ламели, сетки, ленты из углеволокна. Для усиления колонн используются углеродные сетки и ленты, монтирующиеся в поперечном направлении – эффект бандажирования, предотвращающий поперечные деформации бетона [10, с. 331]. При армировании балок углеволокном также усиливаются и приопорные зоны, что ведёт к повышению несущей способности конструкции при воздействии поперечных сил.

Таким образом, использование углеволокна при реконструкции зданий и сооружений позволяет значительно сократить временные и трудовые затраты. При этом будет осуществлено надёжное усиление конструкций, так как углеволокно – огнеупорный и ударопрочный материал, прочность на разрыв, которого в 4 раза превосходит сталь. Углеволокно – инновационный для реконструкции материал, который лёгок в монтаже, а также он позволяет осуществлять реконструкции зданий без прекращения их эксплуатации.

## Литература

1. Применение базальтовой и углеродной сетки при реконструкции зданий и сооружений / Г.Э. Окольников [и др.] // Системные технологии. – 2019. – № 31. – С. 14–18.
2. 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.

3. Павлова М.О. Современные исследования и разработки способов ремонта, реконструкции, реставрации и мониторинга в России и в Европе // *Технология строительства*. – 2009. – № 3. – С. 21–23.
4. 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.
5. Костенко А.Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно-сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле- и стекловолокном : автореф. дис. ... канд. техн. наук, спец. 05.23.01. – М., 2010. – 29 с.
6. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // *Вестник МГСУ*. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
7. Белов В.В., Деркач В.Н. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций // *Инженерно-строительный журнал*. – 2010. – № 7. – С. 14–20.
8. Леонова А.Н., Бибиков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: *Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции*. – 2020. – С. 16–21.
9. 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.
10. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. – 2020. – № 2. – С. 329–333.

### References

1. Application of basalt and carbon mesh in the reconstruction of buildings and structures / G.E. Okolnikova [et al.] // *System Technologies*. – 2019. – № 31. – P. 14–18.
2. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their impact 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.
3. Pavlova M.O. Modern research and development of methods of repair, reconstruction, restoration and monitoring in Russia and Europe // *Technology of construction*. – 2009. – № 3. – P. 21–23.
4. Leonova A.N., Sofjanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building constructions by composite polymeric materials in conditions of high and low temperatures // *Perspectives of science*. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
5. Kostenko A.N. Strength and deformability of centrally and eccentrically compressed brick and reinforced concrete columns reinforced with carbon and fiberglass : Ph. D. in Technical Sciences, specialty 05.23.01. – M., 2010. – 29 p.
6. Leonova A.N., Sofjanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening of metal structures by composite materials under the influence of aggressive environment // *Bulletin of MSCU*. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
7. Belov V.V., Derkach V.N. Expertise and Technology of Strengthening of Stone Structures // *Engineering and Construction Journal*. – 2010. – № 7. – P. 14–20.
8. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal bearing constructions with carbon fiber // In a collection: *Development and Innovations in Building. Materials of the III International Scientific-Practical Conference*. – 2020. – P. 16–21.
9. Tarovik V., Leonova A.N. Modern ways of strengthening of building structures by carbon composite materials // In the collection: *Actual issues of urban construction, architecture and design in the resort regions. Materials of the Second All-Russian scientific-practical conference*. – 2015. – P. 75–79.
10. Leonova A.N., Akritov H.E. Strengthening of wooden constructions by composite materials // *Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2020. – № 2. – P. 329–333.