

УДК 699.8

**УСИЛЕНИЕ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
УГЛЕРОДНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ****REINFORCEMENT OF LOAD-BEARING BUILDING STRUCTURES  
WITH CARBON COMPOSITE MATERIALS****Дьяков Александр Васильевич**студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
dyakov\_2803@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье подробно будет рассмотрен такой композитный материал, как углеродное волокно. Также подробно изучены его технические особенности и способы нанесения, добычи материала. Также дан ответ на вопрос: «Почему углеволокно очень часто используют в строительстве?»

**Ключевые слова:** углеволокно, углеродное волокно, модуль упругости, прочность, композитный материал, армирующий материал.

**Dyakov Alexander Vasilyevich**  
Student,  
Kuban State Technological University  
dyakov\_2803@mail.ru

**Annotation.** In this article, a composite material such as carbon fiber will be considered in detail. Also, its technical features and methods of applying about the extraction of the material are studied in detail. The answer to the question is also given: "Why is carbon fiber very often used in construction?"

**Keywords:** carbon fiber, modulus of elasticity, strength, composite material, reinforcing material.

Современное строительство, как и любая другая отрасль не обходится без внедрения инновационных технологий. Одной из важных задач в сфере строительства является предотвращение проблем, связанных с прочностью зданий и сооружений, которые находятся под влиянием динамических нагрузок, перепадов температур и других агрессивных факторов. В результате этого, на бетонных постройках появляются трещины, отслаивается защитный слой, что приводит к снижению эксплуатационных характеристик. Одним из главных этапов считается – армирование несущих конструкций. Ранее использовался материал для укрепления – стеклохолст, сейчас более востребовано углеволокно [1].

Композитный материал – это материал, который состоит, как минимум, из двух компонентов: армирующий компонент, который определяет прочностные характеристики и матрица, которая заставляет работать совместно с армирующим элементом. По природе композитные материалы классифицируются на: полимерные, углеродные, металлические и керамические. Основные преимущества композита – это удельная высокая прочность и удельная высокая жесткость, то есть модуль упругости.

Углеродное волокно – композитно-полимерный материал искусственного происхождения, его структурой являются тонкие нити диаметром от 3 до 15 микрон, состоящие из атомов углерода. Атомы объединены в кристаллы микроскопических размеров, которые расположены параллельно друг другу. Растяжению по прочности волокна способствует выравнивание этих атомов [2, с. 32–333].

Углеволокно в несколько раз превосходит металл по твердости. Данный материал очень давно используется в ракетостроении, а с конца прошлого столетия и в строительстве. Его популярность возросла с увеличением объема реконструированных работ. Углеволокно – не конечное готовое изделие, а лишь материал, оно является основой для изготовления конечных изделий (ленты, углеродные сетки) [3, с. 123].

В силу хороших технических особенностей углеволокно способствует хорошему внешнему армированию, которое пропитывают связующим веществом – эпоксидной смолой. Аналогично обоем ее наклеивают на поверхность конструкций. Эпоксидная смола обладает высокой адгезией к железобетону, а после вступления в химическую реакцию со смолой углеволокно превращается в жесткий пластик, тем самым приобретая прочность большую, чем у стали в 6–7 раз [4, с. 339–344].

Углеволокно на 30 % легче алюминия и на 70 % легче железа, но его прочность на разрыв превосходит в 4 раза лучшей марки стали. Углеродное волокно не подвер-

жено влиянию агрессивных факторов. Его можно считать универсальным материалом для строительства в любой среде.

С помощью глянцевой поверхности углеволокно не вступает в реакцию с водой, оно не подвержено коррозии. Используя его, можно наносить армирующий материал в несколько слоев. Углеволокно действительно является универсальным материалом и экологически чистым [5, с. 15–16].

Различают:

1. Углеродные волокна на основе полиакрилонитрильных волокон. Обладают сверхвысокой прочностью и высоким модулем упругости.

2. Углеволокно на основе пековых волокон. Обладает высокими тепло- и электропроводностью. Не подходят для тяжелых конструкций.

3. Углеволокно на основе вискозных волокон. Применяется в виде лент и тканей для термоизоляции.

Углеродные волокна классифицируются по количеству элементарных волокон в жгутике (тонкие и толстые жгуты), по механическим свойствам (модуль упругости, прочность) [6, с. 287–289].

Процесс производства углеволокна на сегодняшний день остается трудоёмким процессом: разметка, окисление, карбонизация, графитация, поверхностная обработка, наметка [7, с. 16–21].

Рассмотрим методы изготовления композитного материала.

1. Напыление. Армирующий материал рубится на отрезки и смешивается со смолой и отвердителем.

2. Ручное формование. Армирующий материал в виде ткани пропитывается вручную. Наносят с помощью кисти или валика. Слои приклеиваются друг к другу до полного удаления частичек воздуха между ними.

3. Вакуумная инфузия. Под действием вакуума происходит пропитка полимерным связующим того армирующего наполнителя, который был выбран.

4. Пропитка связующим в форме. Технология схожа с вакуумной инфузией, отличается лишь в том, что надо принудительно качать связующее, поддавать его под давлением, чтобы оно быстрее пропитывало наполнитель.

5. Намотка. Жгуты волокна проходят через ванночку со связующим и далее наматываются на вращающийся цилиндрический предмет.

6. Пултрузия. Волокна непрерывно пропитываются связующим, одновременно нагреваются. Изделие подвергается дополнительной обработке поверхности и нарезается на отрезки. Данный процесс непрерывный [8, с. 496–509].

При многих преимуществах выделяют и недостатки углеволокна:

1. Углеволокно является хорошим отражателем электрических волн.

2. Материал отличается высокой стоимостью в сравнении с аналогами.

3. Изготовление композита более трудоёмкое, чем производство металла.

В подавляющем большинстве случаев усиление углеволокном применяется для железобетонных конструкций – это обусловлено высокими технико-экономическими показателями реализации таких проектов. Однако, данная технология применима и к металлическим, деревянным и каменным зданиям и сооружениям [9, с. 24–26].

## Литература

1. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами.
2. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.
3. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Усиление строительных конструкций композитами на основе углеволокна: монография. – Lambert, 2011. – 123 с.
4. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.
5. Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Жилищное строительство. – 2003. – № 3. – С. 15–16.
6. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.

7. Леонова А.Н., Бибиков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 16–21.
8. 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.
9. Хуажев С.Р., Леонова А.Н. Современные способы усиления каменных конструкций // В сборнике: Современные научно-практические решения XXI века. Материалы международной научно-практической конференции / Общая редакция: В.И. Оробинский, В.Г. Козлов. – 2016. – С. 24–26.

### References

1. SP 164.1325800.2014. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials.
2. Leonova A.N., Akritov H.E. Reinforcement of wooden structures with composite materials // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.
3. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Lesovik R.V. Reinforcement of building structures with carbon fiber-based composites: monograph. – Lambert, 2011. – 123 p.
4. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods of reinforcement of floor slabs in the punching zone // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.
5. Chernyavsky V.L., Axelrod E.Z. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials // Housing construction. – 2003. – № 3. – P. 15–16.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of reinforcement of reinforced concrete columns // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 16–21.
8. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of reinforcement of metal structures by composite materials under the influence of an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
9. Khuazhev S.R., Leonova A.N. Modern ways of strengthening stone structures // In the collection: Modern scientific and practical solutions of the XXI century. Materials of the international scientific and practical conference / General edition: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.