

УДК 624.016

**Е. П. КАПУСТИНА, М. В. АННЕНКОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА**

В статье обоснована актуальность темы исследования. Рассмотрены основные способы усиления металлических конструкций. Рассмотрена технология производства работ по усилению металлических конструкций углетканью. Приведены преимущества и недостатки применения данного метода в ремонтно-строительном производстве. А также отмечены крупнейшие мировые производители данного композитного материала.

**усиление, углеродные волокна, композитный материал, металлические конструкции**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Как показывает практика, значительный объем работ ремонтно-строительного производства приходится именно на усиление металлических конструкций. В последние годы вопросу обеспечения надежности конструкций зданий и сооружений в целом, и металлических в частности, на стадии возведения и эксплуатации уделяется большое внимание. Это связано с необходимостью продления жизненного цикла строительного объекта.

В процессе эксплуатации здания и сооружения подвергаются моральному и физическому износу, вследствие чего несущая способность конструкций снижается.

Основные способы усиления металлических конструкций:

- подведение конструкций разгрузки;
- изменение конструктивной схемы;
- изменение напряженного состояния;
- усиление соединений элементов;
- снижение нагрузки на конструкцию и т. д.

При выборе способа усиления должны выполняться 2 требования:

- 1) обеспечение совместной работы элементов усиления и усиливаемой конструкции;
- 2) включение элементов усиления в работу.

В последние годы на рынке строительных материалов появились композитные материалы на основе высокопрочного, линейно упругого высокомодульного углеродистого волокна. Эти материалы выпускают в виде тканей, холстов и ламелей. Хотелось отметить, что по прочностным характеристикам углеткань в несколько раз превышает показатели другого композитного материала – стеклоткани (материал на основе стеклянных волокон).

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Исследованиями в области усиления конструкций композитными материалами, в частности материалами на основе углеродного волокна, ученые занялись относительно недавно. Анализ опубликованных исследований, испытаний и существующих нормативных документов показал, что в отечественной практике чаще всего использование композитных материалов встречается при усилении железобетонных конструкций. Изучением данного направления занимались В. А. Пшеничный, И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, В. С. Зиновьев, Ш. Н. Валиев, А. А., Шилина, А. Л. Мочалов,

© Е. П. Капустина, М. В. Анненкова, 2016

В. Л. Чернявский, А. Н. Костенко, Михуб Ахмад, А.В. Грановский, Л. И. Юдина и т. д. Из нормативных документов можно отметить опубликованные в России [5, 6].

Также использование композитных материалов встречается при усилении деревянных конструкций. Исследованиями в данной области занимались Э. В. Филимонов, Н. В. Линьков, А. В. Тихонов и т. д.

Анализ отечественной научной литературы показал, что исследования в области усиления металлических конструкций с использованием углематериалов практически отсутствуют. Данной проблеме посвящена статья [1], а также [2], в которой рассматривается применение метода предельных состояний к расчету растягиваемых и изгибаемых конструкций. Нормативная база по данному направлению ремонтно-строительного производства отсутствует. Среди зарубежных источников, посвященных вопросам применения композитных материалов при усилении металлических конструкций, стоит отметить [7].

## ЦЕЛЬ

Исследование применения углематериалов при усилении металлических конструкций.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Усиление металлических конструкций с применением материалов на основе углеродных волокон заключается в следующем:

1. На растянутую зону усиливаемой конструкции устанавливается (приклеивается) углеткань (углехолст, ламель), имеющая высокую прочность на растяжение. Хотя в практике усиления железобетонных конструкций встречается усиление не только растянутых элементов, но и сжатых и внецентренно-сжатых элементов, стыков и т. д.

2. Совместная работа углеткани с усиливаемой конструкцией обеспечивается специальными клеевыми составами.

Технология усиления углетканью состоит в следующем:

- 1) предварительная очистка поверхности усиливаемого элемента (например, металлической щеткой);
- 2) обезжиривание растворителем;
- 3) абразивная очистка поверхности усиливаемого элемента (например, пескоструйным аппаратом);
- 4) раскройка углеткани;
- 5) подготовка клеевого состава;
- 6) нанесение грунтовки (не позднее 2 часов после очистки);
- 7) устройство первого слоя углеткани (прикатка валиком, удаление лишнего клея);
- 8) нанесение защитного слоя.

Преимущества применения углематериалов при усилении металлических конструкций по сравнению с традиционными методами усиления:

- малая трудоемкость выполнения работ;
- малая продолжительность выполнения работ;
- отсутствие размерных ограничений;
- малый вес (в 4–5 раз легче стали);
- не занимает лишнее пространство;
- отсутствует необходимость в использовании машин и механизмов;
- отсутствует необходимость в сварке;
- высокая прочность материала;
- высокий модуль упругости;
- устойчивость к коррозии;
- стойкость в условиях изменения температур (от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- стойкость углематериалов и специальных клеевых составов в агрессивных и влажных средах.

Недостатки:

- высокая стоимость материала;
- углеткань чувствительна к порезам и царапинам;
- при воздействии высоких температур (выше температуры стеклования смолы) нарушается связь между конструкцией и углетканью.

Крупнейшими зарубежными производителями высокомодульных композитных материалов на основе углеродных волокон являются: Sika (Швейцария), SGL (Германия), Formax (Великобритания), Porcher Industries (Франция), SealSpA (Италия), Zoltek (США), Nexcel Corporation (США), Nippon Graphite Fiber Corporation (Япония). Из отечественных производителей можно отметить FibARM (Россия), Carboline (Украина).

## ВЫВОДЫ

Несмотря на то, что применение композитных материалов в судостроении, машиностроении, авиационной промышленности широко распространено, в строительной отрасли данный материал начали использовать относительно недавно. Основной объем исследований, посвященных усилению строительных конструкций, относится к железобетонным конструкциям. Отсутствие отечественных экспериментальных исследований и нормативной базы в области усиления металлических конструкций углематериалами осложняет разработку проектных решений в данном направлении, а также оценку уровня надежности принятых решений. Основная информация по усилению металлических конструкций углематериалами основана на зарубежном опыте. В связи с этим можно сделать вывод, что данное направление ремонтно-строительного производства, несомненно, требует проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также фундаментального научного обоснования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усиление металлических конструкций фиброармированными пластиками [Электронный ресурс] : Часть 1. Состояние проблемы / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Д. А. Татиев, К. В. Покулаев // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – Вып. 3. – С. 1–27. – Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/PDF/19TVN314.pdf>.
2. Усиление металлических конструкций фиброармированными пластиками [Электронный ресурс] : Часть 2. Применение метода предельных состояний к расчету растягиваемых и изгибаемых конструкций / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Д. А. Татиев, К. В. Покулаев // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – Вып. 3. – С. 1–23. – Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN314.pdf>.
3. Костенко, А. Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле- и стекловолокном [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Костенко А. Н., МГГУ. – Москва, 2010. – 29 с.
4. Дьячкова, А. А. Расчет усиления железобетонных плит углеродными композиционными материалами [Текст] / А. А. Дьячкова, В. Д. Кузнецов // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 3. – С. 25–28.
5. СТО 2256-002-2011. Стандарт организации. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM R для ремонта и усиления строительных конструкций [Текст] / ЗАО «Препрег-СКМ» при участии НИИЖБ. – М., 2012. – 61 с.
6. ТУ 1916-005-61664530-2011. Углеродные однонаправленные ленты для систем внешнего армирования (СВА). Технические условия [Текст] / ЗАО «Препрег-СКМ». – М., 2011. – 24 с.
7. Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures [Текст]. Metallic structures. Preliminary study : CNR-DT 202/2005 / Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction. – Rome : CNR, 2007. – 57 p.

Получено 18.10.2016

### Е. П. КАПУСТИНА, М. В. АННЕНКОВА ОСОБЛИВОСТІ ПОСИЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЕВОГО ВОЛОКНА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті обґрунтовано актуальність теми дослідження. Розглянуто основні способи посилення металевих конструкцій. Розглянута технологія виробництва робіт з підсилення металевих конструкцій вуглетканиною. Наведено переваги та недоліки застосування даного методу в ремонтно-будівельному виробництві. А також відзначені найбільші світові виробники даного композитного матеріалу.

**посилення, вуглецеві волокна, композитний матеріал, металеві конструкції**

EKATERINA KAPUSTINA, MARIYA ANNENKOVA  
FEATURES OF STRENGTHENING OF METAL STRUCTURES WITH  
COMPOSITE MATERIALS BASED ON CARBON FIBER  
Donbas National Academy of Civil Engineering And Architecture

The article proved the relevance of the research topic and the main methods of metal structures strengthening have been considered. The production technology of works on strengthening of metal structures by carbon fiber has been also considered. The advantages and disadvantages of this method have been given in the article. The world's largest manufacturers of this composite material have been mentioned in this article.

**strengthening, carbon fiber, composite material, metal construction**

**Капустіна Катерина Павлівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: розробка ефективних організаційно-технологічних рішень реконструкції інженерних споруд в умовах діючого промислового підприємства.

**Анненкова Марія Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: організація будівництва, реконструкція інженерних споруд, охорона праці в будівництві.

**Капустина Екатерина Павловна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка эффективных организационно-технологических решений реконструкции инженерных сооружений в условиях действующего промышленного предприятия.

**Анненкова Мария Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: организация строительства, реконструкция инженерных сооружений, охрана труда в строительстве.

**Kapustina Ekaterina** – an assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Scientific interests: development of effective organizational and technological solutions on reconstruction of engineering structures of industrial enterprises.

**Annenkova Mariya** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: organization of construction, reconstruction engineering structures, labor protection in construction.