УДК 69.059

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕНТ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

♦♦♦♦♦

# FEATURES OF THE USE OF CARBON FIBER TAPES TO INCREASE THE LOAD-BEARING CAPACITY OF STRUCTURES

**Савин Никита Сергеевич**
магистрант,
Кубанский государственный технологический университет;
инженер-конструктор,
ООО «САБ КОНСТРАКШЕН»
nikita.savin.1990@mail.ru

**Леонова Анна Николаевна**
кандидат технических наук,
доцент,
заведующая кафедрой строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan_kubstu@mail.ru

**Аннотация.** Реконструкция зданий и сооружений, часто включает в себя усиление строительных конструкций, это может быть вызвано увеличением эксплуатационных нагрузок на конструкции, изменением расчетных схем, а также физическим износом. В настоящей статье рассмотрим особенности усиления железобетонных конструкций обоймами из композитного материала, его достоинства и недостатки, а также примеры применения таких обойм при реконструкции объектов культурного наследия.

**Ключевые слова:** углеродные ленты, усиление, железобетон, бетон, обследование, реконструкция, несущая способность, внешнее армирование.

**Savin Nikita Sergeevich**
Postgraduate Student,
Kuban State Technological University
Design Engineer,
SAB CONSTRUCTION LLC
nikita.savin.1990@mail.ru

**Leonova Anna Nikolaevna**
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department
of Building Structures,
Kuban State Technological University
lan_kubstu@mail.ru

**Annotation**. Reconstruction of buildings and structures often includes reinforcement of building structures, this can be caused by increased operational loads on structures, changes in design schemes, as well as physical wear. In this article, we will consider the features of reinforcing reinforced concrete structures with composite clips, its advantages and disadvantages, as well as examples of the use of such clips in the reconstruction of cultural heritage sites.

**Keywords:** carbon tapes, reinforcement, reinforced concrete, concrete, survey, reconstruction, load-bearing capacity, external reinforcement.

Железобетонные конструкции имеют в настоящий момент наибольшее распространение в строительстве. Повреждения железобетонных конструкций, как правило, связаны с различными коррозионными повреждениями, перегрузкой отдельных элементов и неправильной эксплуатацией. Часто требуется обеспечить надежную эксплуатацию уникальных, дорогих, исторически значимых конструкций, демонтаж и замена которых значительно дороже ремонта или невозможна вообще. Это, прежде всего, относится к транспортным, гидротехническим сооружениям, памятникам архитектуры. Усиление рядовых конструкций с применением технологии внешнего армирования должно быть обосновано экономически.

Для усиления железобетонных конструкций применяются элементы в виде лент и холстов. Механические характеристики элементов внешнего армирования варьируются в следующих пределах: E = 165000 – 300000 МПа, R = 1300 – 2800 МПа.

Наиболее распространенное решение при усилении железобетонных конструкций с применением углеволокна – расположение элемента внешнего армирования с наиболее растянутого волокна в пролетной зоне изгибаемых конструкций, хотя имеется успешный опыт усиления сжатой зоны.

Круговое обертывание композитными лентами элементов, работающих на сжатие, создает ограничение на деформацию в поперечном направлении путем создания обоймы из композита, что приводит к увеличению прочности на сжатие. При увеличении нагрузок обойма испытывает растяжение, сдерживая развитие поперечных нагрузок.

В общем виде для определения необходимой площади лент из углеродных волокон используют следующую формулу:

$$A_f = \frac{R_f \cdot E_f}{R_s \cdot E_s} \cdot A_{s,det},$$

где $R_f$ – нормативная прочность углеродных лент на растяжение. Этот показатель разниться для разных типов композитных материалов и варьируется от 1300 МПа (Sika CarboDur H) до 2800 МПа (Sika CarboDur S); $E_f$ – модуль упругости углеродных лент. Этот показатель варьируется о 165000МПа (Sika CarboDur H) до 300000 МПа (Sika CarboDur S); $R_s$ – расчетная прочность арматуры на растяжение; $E_s$ – модуль упругости арматуры; $A_{s.def}$ – недостающая площадь продольной арматуры.

На рисунке 1, показана схема усиления колоны внешним армированием из углеволоконных холстов.

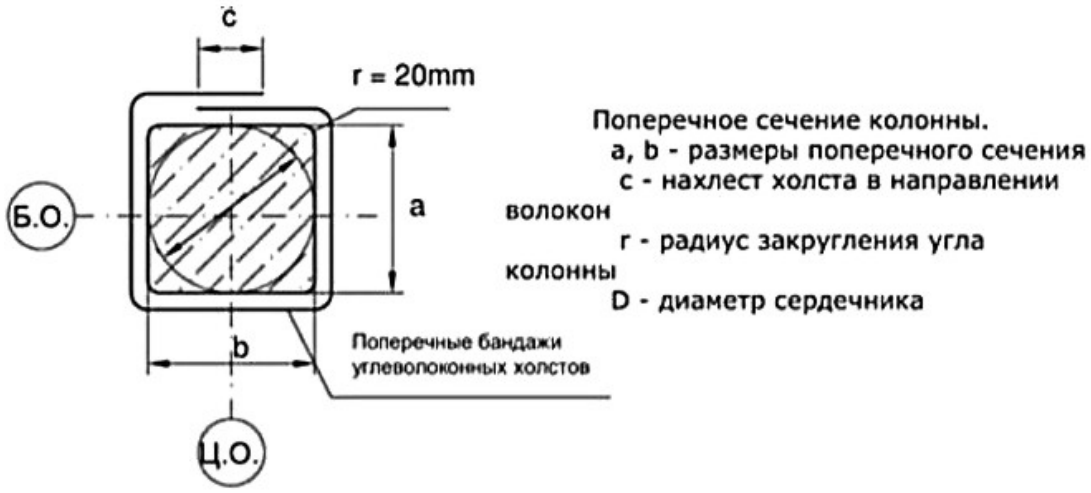


**Рисунок 1** – Схема усиления колоны внешним армированием из углеволоконных холстов

В нашем регионе технология усиления железобетонных конструкций углеродными лентами применяется для усиления конструкций Объекта культурного наследия «Кинотеатр «Аврора», 1967 г., архитектор Е.А. Сердюков, г. Краснодар, ул. Красная, 169, литер А». Кинотеатр был возведен в северной части Краснодара в середине 1960-х годов в связи с 50-летним юбилеем Октябрьской революции (1967 г.), и является одним из лучших образцов советской архитектуры 70-х годов XX в.

Лентами из углеродных волокон Система Sika Carbo Dur усилялись консольные V-образных балок (рис. 2, 3). Балки имеют консоли 11,66 м от оси В в сторону к оси Г сечением 2200-430(h), пролет зрительного зала 22,4 м от оси В к оси Б сечением 500 × 1750-960h и разгрузочною консоль 4,3 м от оси Б к оси А. Балки оперты на наклонные стальные колонны по оси Б и центральную развитую опору К-1 по оси В. Консольные балки являются основным несущим элементом здания кинотеатра, которые определяют внешний вид здания, а также являются несущими балками зрительного зала.

Таким образом можно сделать вывод о том, что способ усиления с применением лент из углеродных волокон для увеличения несущей способности конструкций актуален, дает возможность выполнить усиление в кратчайшие сроки с сохранением геометрических размеров усиливаемой конструкции, также к достоинствам данного метода можно отнести малый вес усиления, его стойкость к коррозии, углеродное волокно устойчиво к коррозии, что обеспечивает защиту от ее негативного воздействия и продлевает срок службы конструкции.

**Рисунок 2** – Процесс нанесения лент из углеродных волокон на консольную часть балки

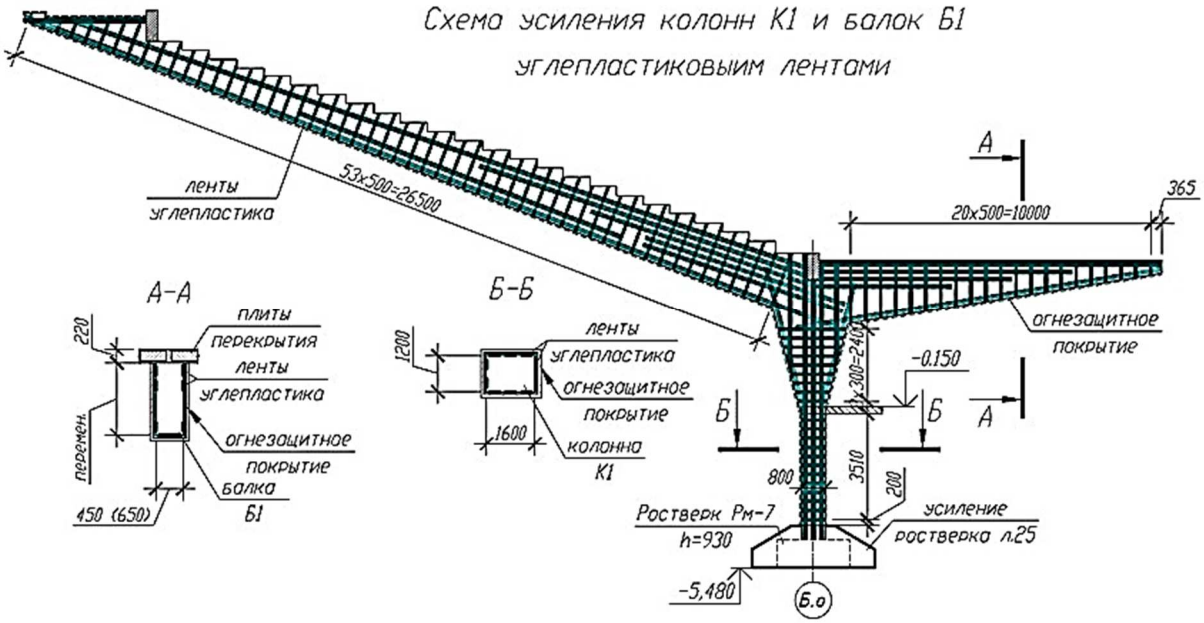


**Рисунок 3** – Схема усиления V образных балок Б1
и колонн К1 Кинотеатра «Аврора» г. Краснодар

Важно также отметить недостатки этого метода усиления.

К ним относят:

– высокую цену материала, по сравнению с усилением железобетонными или металлическими обоймами.

– технические сложности, процесс усиления конструкций углеволокном требует специальных навыков и знаний для правильного и эффективного применения материала.

– влияние на внешний вид, усиление конструкций углеволокном может изменить их внешний вид и потребовать дополнительных отделочных работ для восстановления исходного эстетического вида.

**Литература**

1. Шилин А.А. Усиление железобетонных конструкций. – М. : Стройиздат, 2004. –144 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СП 63.13330.2018 утверждён приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 19 декабря 2018 года № 832/пр: дата введения 2019-08-20 // Гарант. – URL : https://base.garant.ru/72230218

3. Техническое обследование конструкций здания памятника архитектуры «Кинотеатр «Аврора». Электронная версия. – Краснодар, 2020. – 136 с.
4. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Свод правил: издание официальное: утвержден и введен приказом МИНСТРОЯ РОСИИ от 24.05.2018 № 309/пр: актуализированная редакция СНиП II-7-81. – URL : https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067

## References

1. Shilin A.A. Reinforcement of reinforced concrete structures. – M. : Stroyizdat, 2004. – 144 p.
2. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions of JV 63.13330.2018 were approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation № 832/pr dated December 19, 2018: date of introduction 2019-08-20 // Garant. – URL : https://base.garant.ru/72230218
3. Technical inspection of the structures of the architectural monument «Aurora Cinema». The electronic version. – Krasnodar, 2020. – 136 p.
4. JV 14.13330.2018. Construction in seismic areas. Set of rules: official publication: approved and introduced by the Order of the Ministry of Construction of Russia dated 05/24/2018 № 309/pr: updated edition of SNiP II-7-81. – URL : https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067