

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ПРИ УСИЛЕНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Абдисадир уулу Ш<sup>1</sup>., Касымов Т.М.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Магистрант, Институт строительства и инновационных технологий Международного университета инновационных технологий, [abdisadiruulu@list.ru](mailto:abdisadiruulu@list.ru)

<sup>(2)</sup> канд. техн. наук, Международный университет инновационных технологий, [muitpro@mail.ru](mailto:muitpro@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения композитных материалов на основе непрерывных углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых волокон при усилении и реконструкции железобетонных строительных конструкций.

**Ключевые слова:** композитная арматура, композитная сетка, композитная лента, усиление строительных конструкций, реконструкция, железобетон.

## ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЧЫГООДО ЖАНА КАЙРА КОНСТРУКЦИЯЛАНУУДА БУЛАНЫН НЕГИЗИНДЕ ЖАСАЛГАН КОМПОЗИТТИК МАТЕРИАЛДАРДЫ КОЛДОНУУ

Абдисадир уулу Ш<sup>1</sup>., Касымов Т.М.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Магистрант, Элралык инновациялык технологиялар университетинин Курулуш жана инновациялык технологиялар институту, [abdisadiruulu@list.ru](mailto:abdisadiruulu@list.ru)

<sup>(2)</sup> техн. илим. канд., Элралык инновациялык технологиялар университети, [muitpro@mail.ru](mailto:muitpro@mail.ru)

**Аннотация.** Темир-бетон курулуш конструкцияларын чындоодо жана реконструкциялоодо углероддук, арамиддик, стеколдук жана базальт булаларынын негизинде жасалган композиттик материалдарды колдонуу маселеси чагылдырылды.

**Ачык сөздөр:** композиттик арматура, композиттик тор, композиттик лента, курулуш конструкцияларын бекемдөө, реконструкциялоо, темир-бетон.

## APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF FIBER IN STRENGTHENING AND RECONSTRUCTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abdisadir uulu Sh.<sup>2</sup>, Kasymov T.

<sup>(1)</sup> Master student, Institute of Construction and Innovation Technologies, IntUIT, [abdisadiruulu@list.ru](mailto:abdisadiruulu@list.ru)

<sup>(2)</sup> candidate of technical sciences, International University of Innovative Technologies, [muitpro@mail.ru](mailto:muitpro@mail.ru)

**Abstract.** The issue of using composite materials made on the basis of continuous carbon, aramid, glass and basalt fibers in the course of work on strengthening and reconstruction of reinforced concrete building structures is considered.

**Key words:** composite reinforcement, composite mesh, composite tape, reinforcement of building structures, reconstruction, reinforced concrete.

В процессе эксплуатации все конструктивные элементы здания постепенно теряют свои первоначальные технические характеристики. Как известно, ухудшение прочностных свойств строительных конструкций приводит к снижению несущей способности всего здания. Поэтому обследование зданий на предмет технического

состояния и своевременный ремонт (усиление) строительных конструкций позволит предотвратить преждевременное разрушение элементов конструкций и продлит срок его эксплуатации [1-4].

Основной целью усиления строительных конструкций зданий является повышение их устойчивости, несущей способности, жесткости и трещиностойкости. Усиление строительных конструкций можно условно разделить на следующие виды: традиционные (металлические и железобетонные обоймы) и современные (применение композитных материалов). В обоих случаях необходимо предварительно проводить обследование и анализ всей конструкции (выделяя наиболее уязвимые места). Слабые зоны строительных конструкций, как правило, могут быть сжаты, подвержены крутящему моменту, растянуты (образованием трещин) и т.д. Таким образом, обследование конструкции является эффективным при выборе определенного вида усиления конструкций [4, 5].

Усиление строительных конструкций является экономически выгодной, чем заменить их новыми, т.к. требуется значительно меньше финансовых затрат. Кроме этого, усиление позволяет без ущерба сохранять исторические ценные дома и здания. Однако, усиление несущих конструкций связано с выполнением определенных сложных строительно-технологических процессов.

Технологии усиления строительных конструкций традиционными способами имеют свои достоинства и недостатки. Одним из главных преимуществ традиционной технологии является его относительная дешевизна. Недостатками традиционной технологии усиления строительных конструкций являются: увеличение поперечного сечения конструкций, устройство дополнительной громоздкой арматуры, присутствие «мокрого» процесса, утяжеление конструкции, сложность технологии, высокая трудоемкость и большие затраты по времени.

Большинство зданий в Кыргызской Республике были построены и строятся с помощью железобетонных конструкций и монолитного железобетона. Железобетонные конструкции позволяют быстро и с минимальными финансовыми затратами возводить здания разной степени сложности. На практике вопрос усиления железобетонных конструкций (колонны, балки, ригеля, фермы, плиты перекрытий и покрытий) часто вызваны следующими причинами [3-6]:

- увеличение нагрузки (увеличение этажности зданий, перепланировка помещений);
- физический износ (потеря несущей способности при воздействии вибрационных и динамических нагрузок, воздействие агрессивной среды);
- модернизация существующей технологической линии (замена оборудования);

- человеческий фактор или случайные повреждения (неправильная эксплуатация конструкций приводящий возникновению конструктивных дефектов, повреждения элементов конструкций при транспортировке и демонтаже старого и установке нового технологического оборудования).

За рубежом строители все чаще обращают свои внимания к современным технологиям усиления конструкций. Так, в мировой практике широкое распространение получил способ усиления строительных конструкций внешним армированием с применением композитных арматур. Композитная арматура это неметаллическая стержень, изготовленная на основе непрерывных углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых волокон (рис.1).



Рис.1. Композитные арматуры (а) изготовленные на основе углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых непрерывных волокон (б)

Композитная арматура на основе вышеуказанных волокон имеют более высокую прочность на растяжение, чем применяемая в строительстве арматурная сталь и ведут себя вплоть до разрушения как упругие тела, подчиняясь закону Гука (рис.2). Свойства углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых волокон применяемых для изготовления композитной арматуры подробно представлены в табл.1.

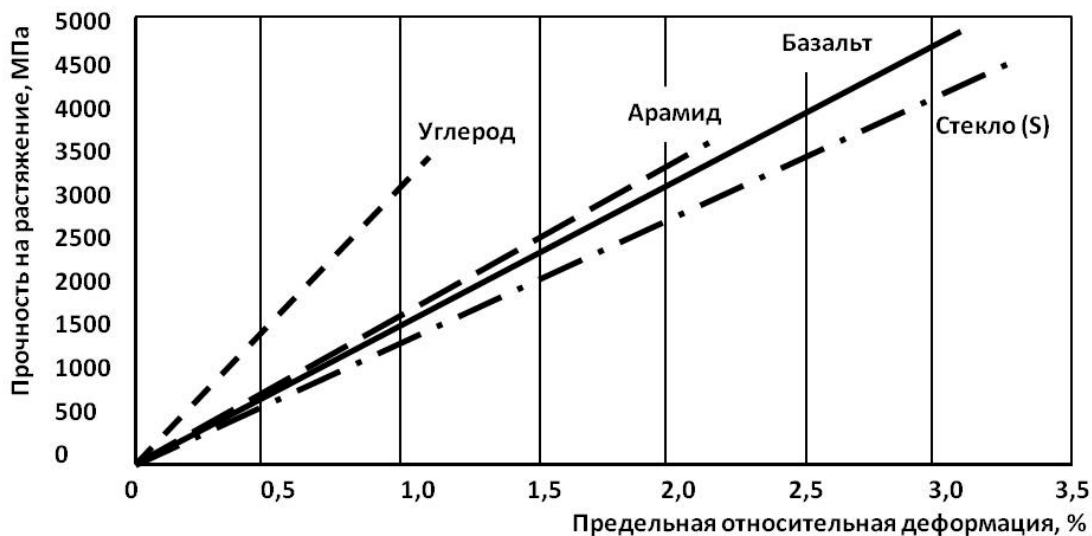


Рис.2. Диаграмма растяжения углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых волокон

Усиление строительных конструкций композитными тканями и лентами является также менее затратными и трудоемкими чем традиционный метод усиления [7, 8]. Композитные ткани и ленты обладают значительно лучшими механическими свойствами. К основным функциям композитных тканей и лент при усилении железобетонных конструкций относят следующее [7-10]:

- поддержание всей системы в компактном виде;
- улучшение прочностных свойств;
- повышение устойчивости конструкций;
- остановка распространение трещин;
- увеличение несущей способности конструкций.

Основная суть при использовании композитных тканей и лент заключается в том, что на отдельные конструкции в местах слабых зон наклеиваются композитная ткань (лента), т.е. часть нагрузки конструкции передается на композит. Метод усиления композитными материалами на основе углеродного и арамидного волокна на практике уже показали свою эффективность и отлично выполняют свою роль в качестве повышения несущей способности строительных конструкций [5-7].

Таблица 1. Свойства углеродных, арамидных, стеклянных и базальтовых волокон, применяемых для изготовления композитной арматуры, сеток и лент

Показатели	Стекло (S)	Углерод	Арамид	Базальт
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2500	1950	1440	2800
Прочность на растяжение, МПа	4580	2500-4000	2760	4840
Модуль упругости, ГПа	85,5	350-650	62	89
Относительная деформация, %	3,3	0,5	4,4	3,1
Коэффициент температурного расширения, 10 <sup>0</sup> /°С	2,9	1,2-0,1	2,0	8
Коэффициент Пуассона	0,22	0,2	0,35	-

Усиление композитным материалом (ткани, ленты) относят к внешнему армированию, т.к. крепится на строительные конструкции при помощи монтажного клея.

Основные нормативные документы и рекомендации по применению композитных материалов при усилении строительных конструкций разработаны в США, Китае, Японии, Великобритании, России и Украине. Ниже рассмотрим основные документы зарубежных стран, устанавливающие требования композитных материалов при усилении железобетонных конструкций.

Свод правил [11] введенный в 2014 г. и Стандарт организаций [12] введенный в 2017 г. на территории Российской Федерации устанавливают требования к расчету, проектированию и выполнению работ по усилению железобетонных конструкций системами внешнего армирования композитными материалами. В соответствии вышеуказанными документами характеристики материалов, составляющих систему внешнего армирования должны соответствовать требованиям, приведенным в табл.2.

Таблица 2. Характеристики материалов, составляющих систему внешнего армирования [11, 12]

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя*	
		УВ	СВ
1	Прочность, МПа, не менее	1000	520
2	Модуль упругости, ГПа, не менее	55	15
3	Коэффициент линейного теплового расширения, °С:		
	- продольный	(-1-0)·10	(6-10)·10
	- поперечный	(22-50)·10	(19-23)·10

\*Примечания: УВ - для холстов, сеток и других тканых материалов из углеродного волокна; СВ- тоже из стекловолокна.

Основными прочностными и деформационными характеристиками композитных материалов для усиления железобетонных конструкций внешним армированием, являются следующие нормативные значения: сопротивление растяжению; модуль упругости при растяжении; предел относительной деформации и коэффициент поперечной деформации [11].

Усиление строительных железобетонных конструкций внешним армированием из композитных материалов предлагается в виде двухсторонних (рис.3, а), трехсторонних (рис.3, б) или замкнутых хомутов (рис3, в).

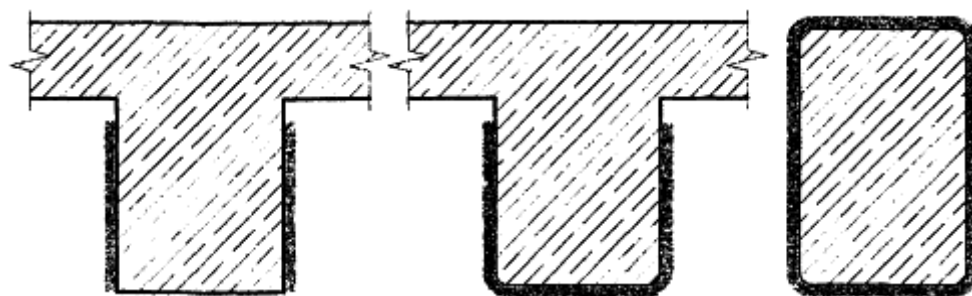


Рис.3. Схемы усиления сечений изгибаемых железобетонных элементов

Для трехсторонних («П»-образное) и замкнутых хомутов из сеток, холстов и других тканых материалов при загибе через углы конструкции на углах необходимо выполнить фаски с катетом не менее 20 мм, либо галтель с радиусом не менее 20 мм (рис.4). Рекомендуемое число слоев многослойного композитного материала системы внешнего армирования следует принимать: для сеток, холстов и других тканых материалов - не более пяти.

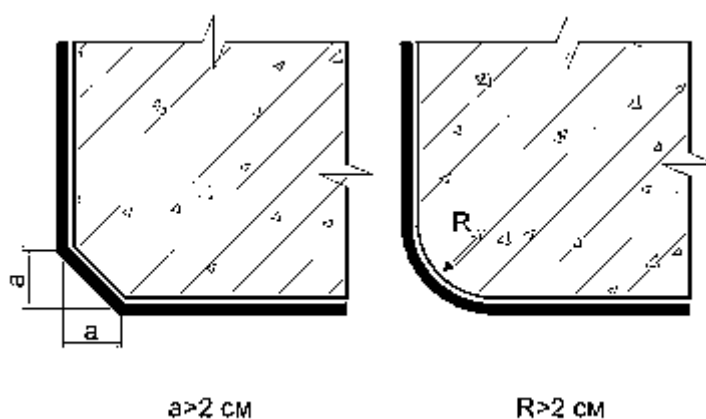


Рис.4. Подготовка углов конструкции перед наклеиванием лент, сеток, холстов и других тканых материалов

Вертикальные поперечные хомуты следует выполнять из цельного отрезка элемента усиления (рис.5), наклонные поперечные хомуты - из двух отрезков, стыкуемых на нижней поверхности балки (ребра балки) (рис.6). Обоймы колонн рекомендуется устраивать непрерывно по всей длине колонн (рис.7, а) или с разрывами по высоте (рис.7, б).

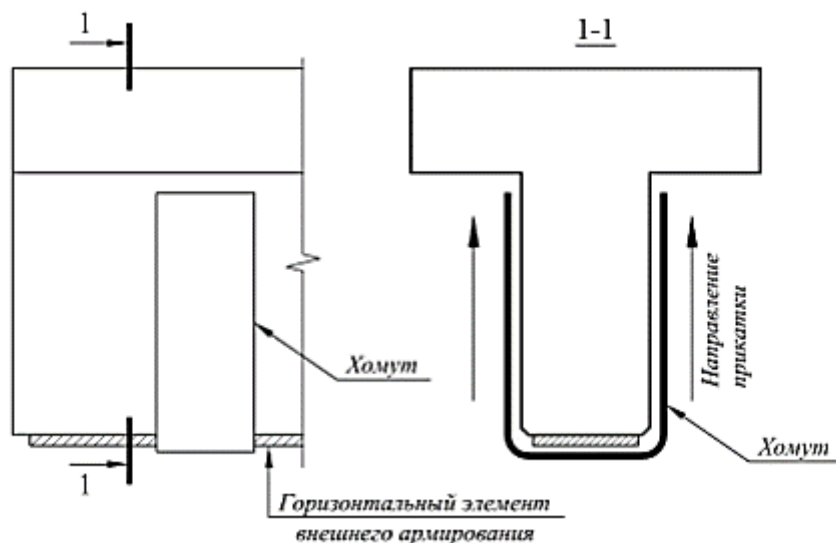


Рис.5. Схема установки вертикальных хомутов в балочных конструкциях

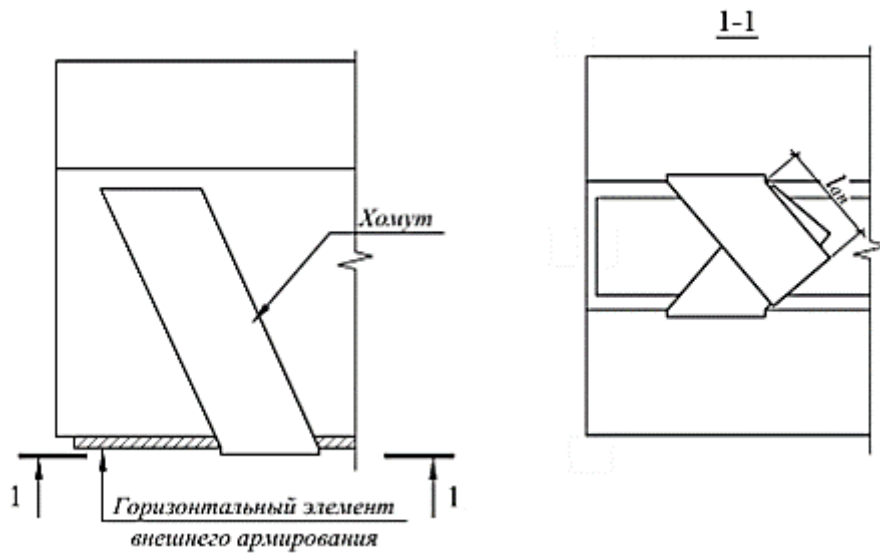


Рис.6. Схема установки наклонных хомутов в балочных конструкциях

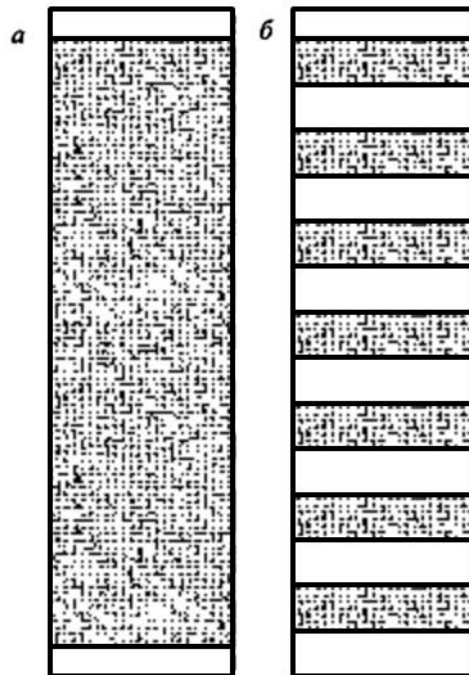


Рис.7. Способы усиления колонн обоймами

В отличие от углеродных, арамидных и стеклянных волокон в республике имеется достаточное количество месторождений базальтовых пород для выпуска непрерывного волокна. По физико-техническим свойствам непрерывное базальтовое волокно не уступает стеклянным волокнам указанное в табл.2. Сулуу-Терекское месторождение базальтов, расположенное на Боомском ущелье (Кыргызская Республика), изучено детально на предмет получения непрерывного базальтового волокна (ровинга). Таким образом, актуальной является разработка нормативных

документов (рекомендаций, сводов правил) по усилению элементов строительных конструкций с применением композитных материалов на основе базальтового волокна.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воробьев Д.С.** *Техническая оценка зданий и сооружений*: -Волгоград: ВолгГАСУ, 2015.
2. **Леденев В.В.** *Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений*. –Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. -252 с.
3. **Калинин А.А.** *Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений*. М., 2004, 160 с.
4. **Коробейников О.П.** *Обследование технического состояния зданий и сооружений (основные правила)*. -Н.Новгород: ННГАСУ, 2011. -55 с.
5. **Мирошниченко А.С.** *Обследование и оценка остаточных ресурсов строительных конструкций*. –М.: МИКХиС, 2004. -65 с.
6. **Гроздов В.Т.** *Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений*. СПб, -Издам. Дом KN, 2000. -140 с.
7. **Zubel, I.** *Composites; Academic Lecture; Wrocław University of Technology: Wrocław, Poland, 2010.*
8. **Paul S.C., Zijl G.P., Šavija. B.** *Effect of fibers on durability of concrete: A practical review. Materials 2020, 13, 4562.*
9. **Holmes, M.** *Carbon fibre reinforced plastics market continues growth path. Reinf. Plast. 2013, 57, 24–29.*
10. **Ostrowski, K.; Dudek, M.; Sadowski, Ł.** *Compressive behaviour of concrete-filled carbon fiber-reinforced polymer steel composite tube columns made of high performance concrete. Compos. Struct. 2020, 234, 111668.*
11. **СП 164.1325800.2014** «Свод правил «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования»
12. **СТО 38276489.001-2017** «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства работ». М, 2017.

Рецензент: к.т.н., доцент  
17.05.2022г.

Айдаралиев Ж.К.