

УДК 624.012.41. (075)

Меретуков Заур Айдамирович,

доктор технических наук, заведующий кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин,
ФГБОУ ВО «МГТУ», г. Майкоп;

Орлова Лариса Михайловна,

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин,
ФГБОУ ВО «МГТУ», г. Майкоп

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ УСИЛЕНИИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ БАЛОК

Аннотация. Приведены данные о физико-механических характеристиках заполнителей и бетона на их основе, с проектным классом В30, а также для стальной и внешней композитной арматуры, используемых при изготовлении опытных балок.

Ключевые слова: сталь, тяжелый бетон, железобетон, композитный материал, углепластик, усиление, испытание, прочность, деформативность, балки.

В соответствии с разработанной программой, для исследования прочности наклонных сечений изгибаемых элементов с начальными трещинами шириной 0,4мм использовались обычные балки прямоугольного профиля, сечением 125x250(h)мм, длиной 2000мм.

Для изготовления опытных балок применялся тяжелый бетон с проектным классом по прочности В30, который обычно применяется в настоящее время в массовом строительстве. В качестве стальной рабочей арматуры использовались стержни периодического профиля класса А500. Указанная арматура с 1.01.2013г., согласно П 63.13330.2012, рекомендована к преимущественному использованию в обычных железобетонных конструкциях. Поперечная арматура в вязанных каркасах принята гладкой, класса В500, диаметром 3мм. Монтажная арматура принята диаметром 6мм, класса В500.

Внешнее поперечное усиление приопорных участков, в один, два, или три слоя, выполняется с использованием углеткани. Отдельные опытные образцы имеют усиле-

**Приоритетные направления современной науки и образования:
актуальные вопросы и достижения**

ние растянутой зоны, одновременно с поперечным усилением, с помощью ламинатов (полос), изготовленных из однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения. Общий вид различных видов углепластика приведен на рис. 1.

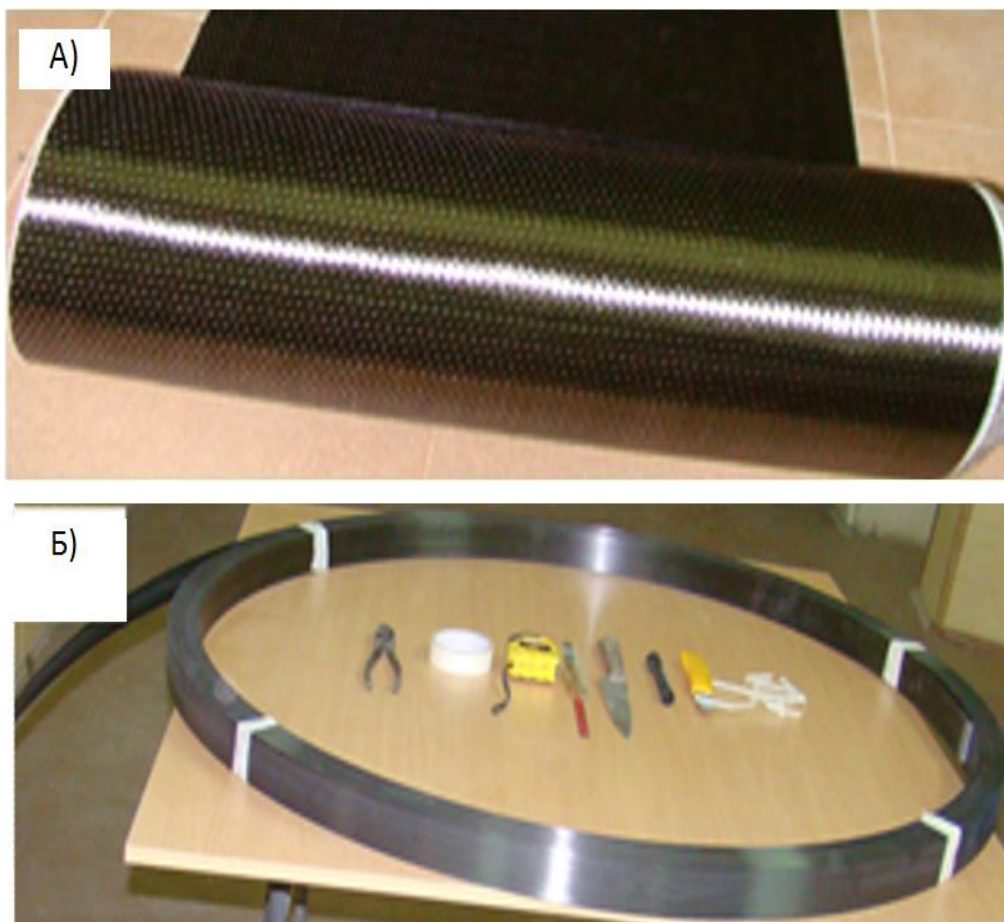


Рис. 1. Общий вид ткани шириной 500мм (а) и ламината шириной 50мм (б) на основе углеродных однонаправленных волокон.

Перечисленные композитные материалы на основе углепластиков, и сопутствующие им расходные материалы (грунтовка, шпаклевка, клеящие составы), используемые при подготовке поверхности и наклеивании композита, были предоставлены MBRACE ООО «БАСФ Строительные системы».

Для тяжелого бетона вышеуказанного класса прочности применялся щебень из плотного известняка фракции 5-25мм, закупленный на рынке строительных материалов. Данный крупный заполнитель соответствовал марке 900 и имел плотную структуру, темно-серого цвета с неровным изломом.

**Приоритетные направления современной науки и образования:
актуальные вопросы и достижения**

В качестве мелкого заполнителя использовался обычный кварцевый речной песок с насыпной плотностью 1640 кг/м^3 и модулем крупности 1,35.

Состав тяжелого бетона класса В30, был подобран расчетно-экспериментальным методом, и по своей жесткости имел 1-2см осадки стандартного конуса. При подборе составов в изготовлении балок применялся портландцемент Новороссийского завода «Пролетарий» активностью 500 с противосульфатными добавками. Для проверки прочности бетона подобранных составов было изготовлено три серии образцов (по пять кубиков с ребром 150мм в каждой), которые до момента испытания, в возрасте 28 суток, согласно ГОСТ, хранились во влажных опилках закрытого полуподвального помещения лаборатории кафедры железобетонных конструкций РГСУ. Температура воздуха в помещении составляла 18-23°C.

Состав тяжелого бетона естественного твердения на нефракционных заполнителях на 1м^3 приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Состав тяжелого бетона класса В30 естественного твердения при $R_y=500$ и $s_f=1-2\text{см}$.

Бетон класса	Расход материалов на 1м^3				Плотность бетона естественной влажности, кг/м^3
	Ц	П	Щ	В	
В30	450	460	1270	180	2370

Стальная продольная рабочая арматура для 26 балок была выполнена из круглой рифленой горячекатаной стали класса А500. Монтажная арматура была принята из 2Ø6В500. Вязанные замкнутые хомуты Ø3мм из стали класса В500 были установлены с шагом 150мм в пролете среза и 200мм в зоне чистого изгиба.

Стержни рабочей, монтажной и поперечной арматуры до изготовления каркасов были испытаны на растяжение с помощью разрывной машины типа ИР-200. Механические характеристики приведены, как среднее арифметическое значение, в табл. 2. Они получены по результатам испытания, согласно ГОСТ 12.004-81, пяти образцов по каждому диаметру и классу стали.

Таблица 2.

**Приоритетные направления современной науки и образования:
актуальные вопросы и достижения**

Механические характеристики арматуры

Класс арматуры	Диаметр A_s , мм	Предел текучести σ_y , МПа	Временное сопротивление σ_u , МПа
A500	18	528,9	615,2
B500	6	501,2	611,3
B500	3	509,4	618,5

Примечание: Прочностные характеристики арматурной стали в МПа, соответственно для σ_y и σ_u , изменялись в следующих пределах: Ø18A500 - (514,4-544,5) и (606,5-618,7); Ø6B500 - (497,1-518,2) и (598,2-619,4); Ø3B500 - (498,3-519,7) и (613,2-625,9).

Для усиления приопорных участков в пролетах среза было выбрано два основных варианта внешнего композитного армирования. Хомуты шириной 50мм, выполненные в один или два слоя, U-образной формы; хомуты шириной 100мм в один или два слоя углеткани с однонаправленными волокнами холодными холодного отверждения; в совокупности с усилением растянутой зоны, полная обойма в пролете среза. Продольное армирование представлено ламинатами (полосами из однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения. Оба вида углепластика, как и при усилении изгибаемых элементов [1, 2, 3, 4] и сжатых элементов [5, 6, 7, 8], были изготовлены в Германии.

Для уточнения прочностных показателей углеткани в виде отдельных лент или в составе холстов из двух и трех слоев согласно ГОСТ 25.601-80 были изготовлены и испытаны образцы-восьмерки.

Каждый образец был изготовлен при помощи шаблона (размерами: 250 (длина), 30 (ширина по торцам) и 15мм - ширина в месте разрыва).

Толщина образцов определялась как сумма толщин тканевых полотен, а толщина ткани - определялась по результатам стандартного взвешивания одного кв.м ткани. Прочностные характеристики углеламинатов были приняты по данным завода-изготовителя. Испытание образцов, с использованием специальных захватов, проводилось на разрывной машине ИР-200. Результаты испытаний приведены в табл. 3. Уточ-

**Приоритетные направления современной науки и образования:
актуальные вопросы и достижения**

нение характеристик композитных материалов по результатам испытания образцов, по ГОСТ 25.601-80, рекомендовано не только в отечественных нормах СП 164.1325800.2014, но и в зарубежных [9, 10].

Таблица 3.

Результаты испытаний.

Вид материала	Количество слоев ткани, полос	№ образца	Сечение		Площадь сечения A_s , мм	Разрушающее усилие, кН	Временное сопротивление, МПа	
			Толщина, t , мм	Средняя ширина			δ_{fi}	Среднее значение δ_{fi}
Углеткань	1	1		24,1	4,01	12,88	3220,0	3130,2
		2	0,166	24,45	4,05	12,3	3029,5	
		3		23,5	3,9	12,25	3141	
	2	1		23,93	7,945	24,5	3083,7	2887,9
		2	0,332	24,47	8,124	24,6	3028,1	
		3		23,47	7,792	25,5	3285,4	
	3	1		25,7	12,8	38,4	3000,0	2888,0
		2	0,498	24,33	12,12	34,0	2805,3	
		3		23,53	11,72	33,5	2858,4	
Угле-ламинат	1	-	1,2	50	60	-	-	2800

Список литературы

**Приоритетные направления современной науки и образования:
актуальные вопросы и достижения**

1. Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4 (часть 2). – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307 (дата обращения 01.06.2021).
2. Польской П.П., Маилян Д.Р. Влияние стального и композитного армирования на ширину раскрытия нормальных трещин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №2. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1675 (дата обращения 01.06.2021).
3. Маилян Д.Р., Польской П.П. О расчете ширины нормальных трещин балок, усиленных стекло и углепластиком. // Научное обозрение. – 2014. – №12. – Ч. 2. – С. 490-492.
4. Польской П.П., Маилян Д.Р. Об уточнении расчетов прогибов балок, усиленных композитными материалами. // Научное обозрение. – 2014. – №12. – Ч. 2. – С. 493-495.
5. Польской П.П., Георгиев С.В. Вопросы исследования сжатых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №4. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2134 (дата обращения 01.06.2021).
6. Маилян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Методики усиления углепластиком и испытания коротких и гибких стоек // Научное обозрение. – 2014. – №10. – Ч. 2. – С. 415-418.
7. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность гибких усиленных стоек при больших эксцентриситетах. // Научное обозрение. – 2014. – №12. – Ч. 2. – С.496-499.
8. Польской П.П., Георгиев С.В. Характеристики материалов, используемых при исследовании коротких и гибких стоек, усиленных углепластиком // Научное обозрение. – 2014. – № 10. – Ч. 2. – С. 411-414.
9. В.А. Клевцов и др. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами // НИИЖБ. – 2006. – 48 с.
10. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1 // General rules and rules for buildings. – 2004. – P. 229.
11. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures // ACI 440.2R-08. American Concrete Institute. – 2008. – P. 76.