

УДК 69.059.3

**М. В. КУШНИР, Н. В. ПРЯДКО, А. С. ВОЛКОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**РАСЧЕТ И УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПОКРЫТИЯ  
КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Аннотация.** В статье проведено исследование и сравнение традиционного и композитного метода усиления железобетонной балки перекрытия. Оценено влияние на несущую способность железобетонной балки метода усиления с применением композитного материала. Приведен подсчет экономической эффективности использования двух методов усиления по расходу материала.

**Ключевые слова:** железобетонная балка покрытия, обследование, дефекты, повреждения, оценка технического состояния, усиление, композитный материал, углеволокно, растяжение, внешнее армирование.

К настоящему времени в отечественной и зарубежной практике накоплено множество различных способов и конструктивных приемов усиления.

Традиционные способы усиления железобетонных конструкций с использованием металлоконструкций сравнительно дорогостоящие, трудоемкие и в ряде случаев не обеспечивают выполнение соответствующих работ без остановки технологического процесса. В этой связи вполне актуальным является использование новых технологий и способов усиления, а также использование современных материалов. В мировой практике для усиления железобетонных конструкций успешно применяют композитные материалы на основе высокопрочных углеродных волокон. В большинстве случаев усиление конструкций углепластиковыми оказывается вполне конкурентоспособным по сравнению с традиционными методами как по срокам производства работ, так и по стоимости.

Для проведения исследования была принята железобетонная балка таврового профиля, расчетный изгибающий момент от действия постоянных и временных нагрузок  $M = 575,3$  кН·м,  $h = 96$  см, ( $h_0 = 87,6$  см),  $b = 11$  см, расчетная ширина полки  $b'_n = 35$  см,  $h'_n = 18$  см, бетон В12,5 (коэффициент условий работы бетона  $m_{\delta 1} = 0,85$ ), арматура – стержни периодического профиля из стали Ст5 (класс А-II).

В ходе эксплуатации здания контроль за состоянием балок не проводился надлежащим образом, вследствие чего при обследовании были выявлены такие дефекты, как оголившаяся арматура, каверны, вертикальные трещины и прогибы, превышающие предельно допустимые значения.

Для определения необходимости усиления конструкции был проведен перерасчет конструкции.

Для перерасчета использовался ПК СКАД «Арбат».

Некоторые результаты расчета балки приведены на рис. 1.

Анализируя результаты расчета, можно констатировать, что несущая способность балки по нормальным и наклонным сечениям не обеспечена.

Следовательно, необходимо усиление конструкции по нормальным и наклонным сечениям.

В качестве традиционного метода усиления был принят метод подведения разгрузочных балок таврового сечения № 36 (рис. 2).

Предполагается, что конструкция усиления воспринимает 75 % действующих нагрузок.

Альтернативным методом усиления конструкции является использование технологии с применением композитных материалов.

Для определения способа монтажа, а также расчета усиления конструкций руководствовались [7].

Участок	Проверка	Коэффициент		
1	Ширина раскрытия наклонных трещин (длительная)	1.331		Факторы
2	Прочность по предельному моменту сечения	1.061		Факторы
3	Ширина раскрытия наклонных трещин (длительная)	1.331		Факторы

Рисунок 1 – Результаты экспертизы.

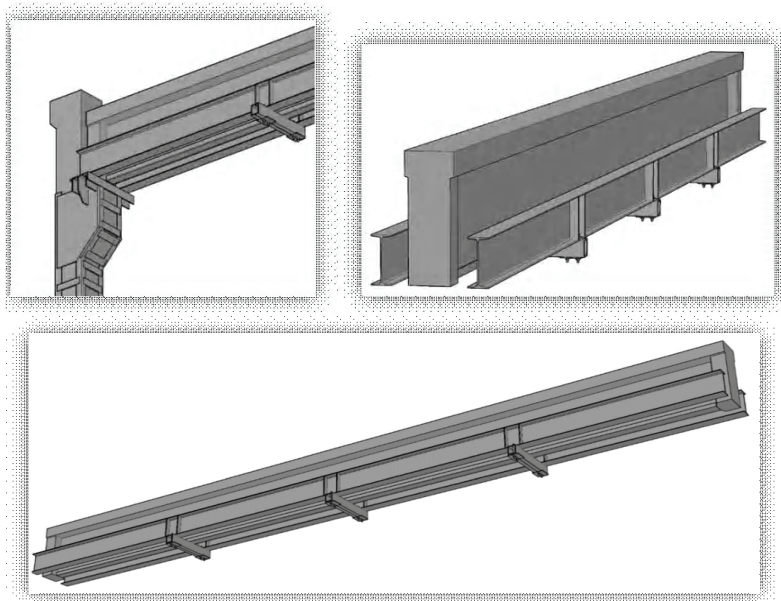


Рисунок 2 – Усиление железобетонной балки подведением металлических разгружающих двутавров.

За основной метод расчета принят метод предельных состояний.

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов, усиленных ФАП, производят из общего условия по [7]:

$$M < M_{ult}$$

Высоту сжатой зоны находят, используя уравнение равновесия (рис. 3):

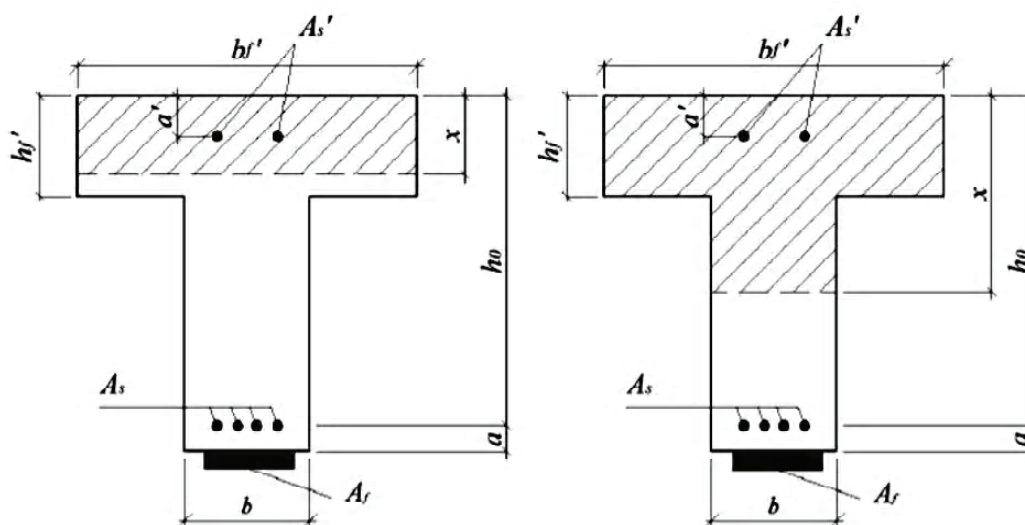


Рисунок 3 – Положение границы сжатой зоны в сечении изгибаемого элемента с внешним армированием из композитных материалов.

$$R_b A_b + R_{sc} A'_s - R_s A_s - \sigma_f A_f = 0. \quad (1)$$

Для расчета прочности сечений, наклонных к продольной оси изгибаемого элемента используется условие

$$Q_{ult} < Q_b + Q_{sw} + \psi_f Q_f. \quad (2)$$

Усиление по наклонным трещинам осуществляют с использованием армирующих хомутов (рис. 4).

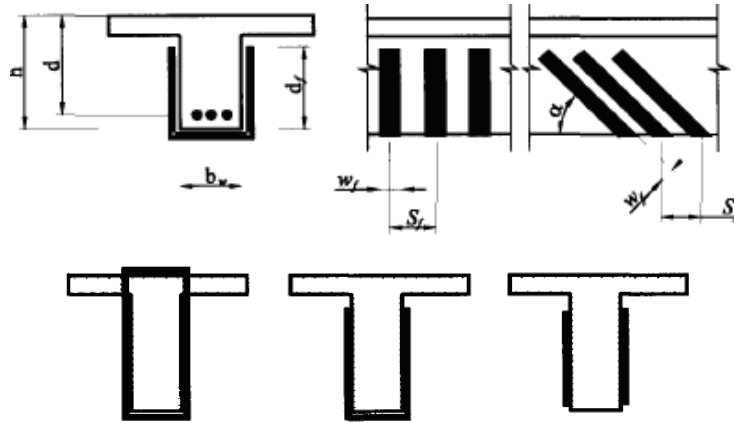


Рисунок 4 – Схемы усиления наклонных сечений элементов.

### ВЫВОДЫ

В результате расчетов определено, что для обеспечения прочности нормальных к продольной оси сечений необходима наклейка углеволоконной ленты SikaWrap-230 C-45 снизу ребра балки по всей длине конструкции. Ширина ленты 100 мм. Наклейку следует производить в 1 слой, с применением эпоксидного клея Sikadur-330 (рис. 5).

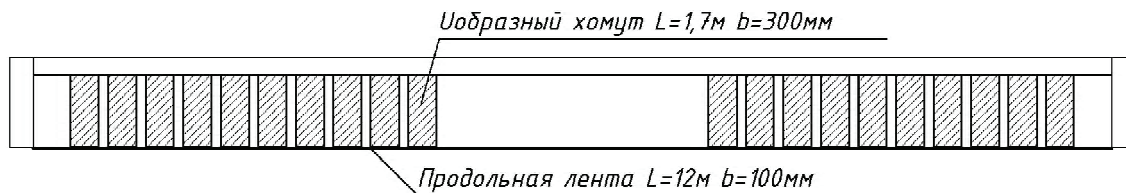


Рисунок 5 – Общая схема усиленной конструкции углеволокном.

Таким образом, несущая способность балки увеличилась на 22 %.

Запас прочности обеспечен и составляет 17,8 % от действующих усилий.

Для обеспечения прочности сечений, наклонных к продольной оси изгибаемого элемента необходима наклейка 20 хомутов (по 10 с каждого края балки) SikaWrap-230 C-45 шириной 300 мм. Схема приклейки U-образная, на всю высоту ребра балки. Длина хомута 1,7 м. Расстояние в свету между хомутами 50 мм.

Наклейку следует производить в 1 слой эпоксидной смолой Sikadur-330.

Таким образом, несущая способность обеспечена. Запас прочности составляет 2,2 % от действующих усилий.

В результате проведения расчетов экономической эффективности, основываясь на [8] определено, что применение внешнего армирования железобетонной балки на 45 % эффективнее по сравнению с традиционными методами усиления.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что применение композитных материалов для восстановления работоспособности строительных конструкций позволяет существенно сократить трудоемкость работ, эксплуатационные расходы, обеспечить необходимую несущую способность конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.0785 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
2. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування [Текст]. – Введено вперше ; чинний від 2007-01-01. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 15 с.
3. СНиП 2.03.01-84. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП П-21-75 и СН 511-78 ; введ. 1986-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
4. Прядко, Н. В. Обследование и реконструкция промышленных зданий [Текст] : Учебное пособие / Н. В. Прядко. – Макеевка : ДонНАСА, 2006. – 156 с.
5. ГОСТ 25.601-80. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах [Текст]. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1980. – 14 с.
6. Шилин, А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами [Текст] / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Каргузов. – М. : Стройиздат, 2007. – 184 с.
7. СП 164.1325800.2014. Свод правил. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования [Текст]. – Введен впервые ; введения 2014-09-01. – Москва : Минстрой России, 2015. – 52 с.
8. СН 509-78. Строительные нормы. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – Взамен раздела 5 Инструкции СН 423-8-71 ; введ. 1979-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1979. – 65 с.

Получено 04.04.2017

М. В. КУШНИР, М. В. ПРЯДКО, А. С. ВОЛКОВ  
РОЗРАХУНОК І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ПОКРИТТЯ  
КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті проведено дослідження і порівняння традиційного і композитного методу посилення залізобетонної балки перекриття. Оцінено вплив на несучу здатність залізобетонної балки методу посилення із застосуванням композитного матеріалу. Наведено підрахунок економічної ефективності використання двох методів посилення з витратою матеріалу.

**Ключові слова:** залізобетонна балка покриття, обстеження, дефекти, пошкодження, оцінка технічного стану, посилення, композитний матеріал, вуглеволокно, розтягнення, зовнішнє армування.

MAKSYM KUSHNIR, NIKOLAY PRYADKO, ANDREI VOLKOV  
CALCULATION AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE BEAM  
OF COATING BY COMPOSITE MATERIALS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In the article, a study and comparison of the traditional and composite method for reinforcing a reinforced concrete floor beam was carried out. The effect on the load-carrying capacity of the reinforced concrete beam of the reinforcement method with the use of a composite material is estimated. The calculation of the economic efficiency of the use of two methods of increasing the material consumption is given.

**Key words:** reinforced concrete beam, examination, defects, damage, technical condition assessment, reinforcement, composite material, carbon fiber, tension, external reinforcement.

**Кушнір Максим Владимирович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: решение проблем усиления конструкций зданий и сооружений.

**Прядко Николай Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: обследование и реконструкция зданий и сооружений.

**Волков Андрей Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование прочностных и деформативных свойств конструкций их модифицированного высокопрочного бетона, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

**Кушнір Максим Володимирович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: рішення проблем підсилення конструкцій будівель і споруд

**Пряко Микола Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: обстеження і реконструкція будівель і споруд.

**Волков Андрій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження міцнісних та деформативних властивостей конструкцій з модифікованих високоміцних бетонів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

**Kushnir Maksym** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include problem solving enhance the buildings and structures.

**Pryadko Nikolay** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Architecture Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation and reconstruction of buildings and structures.

**Volkov Andrei** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: determination of strength and strain properties of modified high strength concrete structures, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.