

УДК 624.012.45

**УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗОНЕ СРЕЗА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН****Т.Г. Козьянина, Е.Д. Лазовский**

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: t.ermolaeva@psu.by

Основной проблемой при реконструкции и техническом перевооружении зданий и сооружений является необходимость усиления строительных конструкций. Чаще всего усилению подлежат изгибаемые железобетонные элементы. Особое внимание необходимо уделить усилению зоны среза, так как помимо комбинаций изгибающего момента и продольных усилений, тут так же действуют поперечные усилия. В данной работе рассмотрены методы усиления зоны среза изгибаемых железобетонных элементов. Приведены основные достоинства и недостатки данных методов.

Ключевые слова: *изгибаемый железобетонный элемент, зона среза, усиление.*

**STRENGTHENING OF BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS
BY ADHESIVING ADDITIONAL PREFABRICATED PRESTRESSED ELEMENTS****T. Kazyanina, Y. Lazouski**

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: t.ermolaeva@psu.by

The main problem in the reconstruction and technical re-equipment of buildings and structures is the need to strengthen building structures. Most often, reinforced concrete elements are subject to reinforcement. Particular attention must be paid to strengthening the shear zone, since in addition to combinations of bending moment and longitudinal reinforcements, transverse forces also act here. In this paper, methods for strengthening the shear zone of flexible concrete elements are considered. The main advantages and disadvantages of these methods are given.

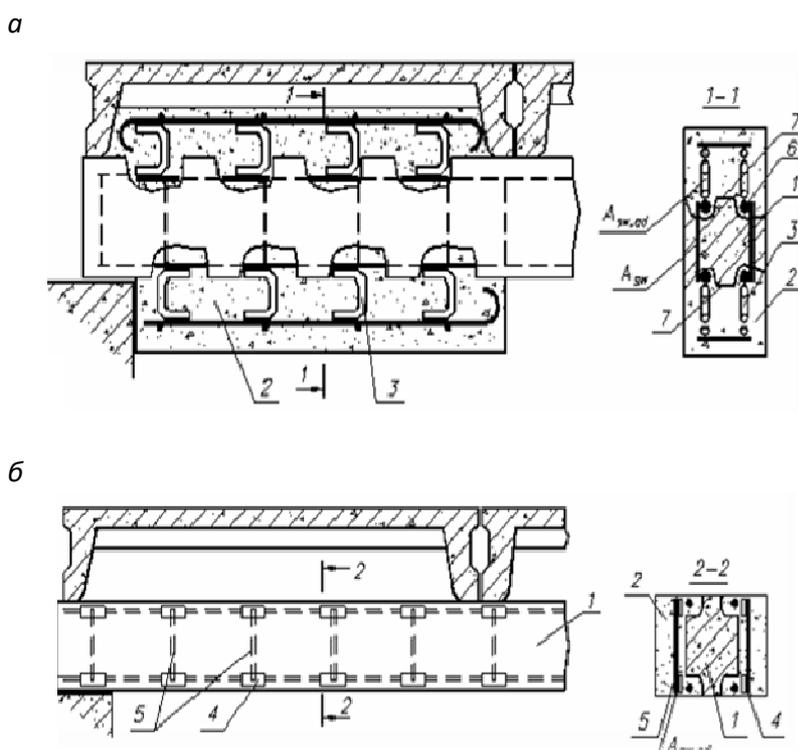
Keywords: *flexible reinforced concrete element, shear zone, reinforcement.*

Введение. В Республике Беларусь с каждым днем все более актуальным становится вопрос реконструкции и технического перевооружения зданий и сооружений, которые эксплуатируются в течении длительного времени. Уже давно стало известно, что произвести реконструкцию имеющихся фондов гораздо более экономически выгодно, так как окупаемость вложений происходит в разы быстрее, чем при новом строительстве. Проведении реконструкции и капитального ремонта так же обуславливается необходимостью восстановления физически изношенных отдельных частей конструкций и элементов, которые с течением времени перешли в состояние, отличное от про-

ектного. Проведение работ при капитальном ремонте и реконструкции зачастую ведется в эксплуатируемом здании, что существенно влияет на выбор метода усиления, из-за неприменимости и стесненных условий. Чаще всего в усилении нуждаются изгибаемые железобетонные элементы. Наиболее сложным для усиления является зона среза изгибаемых железобетонных элементов, так как помимо комбинаций изгибающего момента и продольных усилений, тут так же действуют поперечные усилия. Вариантов усиления таких конструкций уже довольно большое количество и выбор метода происходит в каждом отдельном случае в зависимости от факторов, характерных именно для данного реконструируемого здания. Однако сделать правильный выбор зачастую сложно, так как выбор метода усиления зависит от трех основных факторов: технологичность, простота и экономичность.

Основная часть. Усиление изгибаемых железобетонных элементов в зоне среза производится через увеличение сечения или увеличение поперечного армирования. Основными методами являются:

- устройство наращивания (рис. 1);

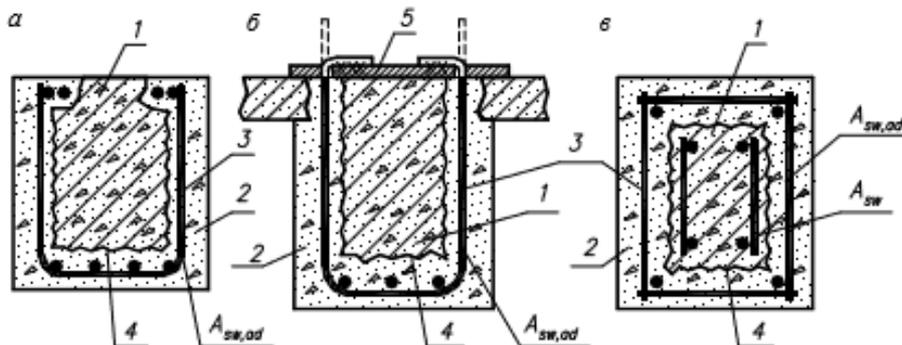


а – наращиванием со стороны верхней и нижней граней; **б** – наращиванием со стороны боковых граней:

1 – усиливаемая конструкция; 2 – бетон наращивания; 3 – скоба; 4 – пластина; 5 – дополнительная поперечная арматура; 6 – оголенная арматура конструкции; 7 – насечка поверхности

Рисунок 1. – Усиление зоны среза конструкций увеличением поперечного сечения

– устройство железобетонных обойм и рубашек (рис. 2);

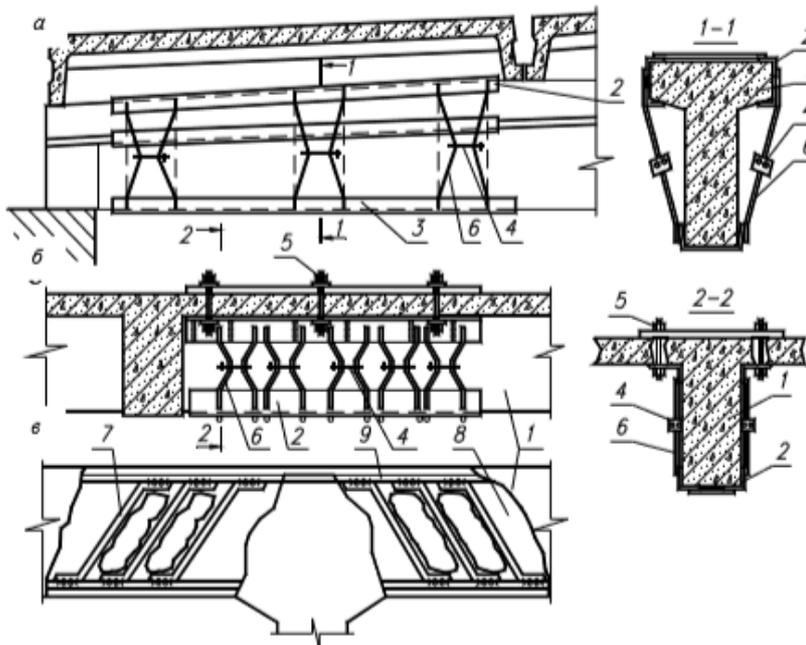


а – рубашкой при прямоугольном сечении; *б* – рубашкой при тавровом сечении; *в* – обоймой:

1 – усиливаемая конструкция; 2 – монолитный; 3 – дополнительная поперечная арматура; 4 – насечка поверхности; 5 – анкерная пластина

Рисунок 2. – Усиление зоны среза конструкций увеличением поперечного сечения

– устройство дополнительной поперечной арматуры в зоне среза (рис. 3);



а – сборной балки; *б* – балки монолитного перекрытия; *в* – балки с наклонными стержнями:

1 – усиливаемая конструкция; 2 – уголок; 3 – швеллер; 4 – стяжной болт; 5 – болт; 6 – дополнительная поперечная арматура; 7 – накладная арматура; 8 – борозды на боковой поверхности; 9 – существующая арматура

Рисунок 3. – Усиление зоны среза конструкций установкой дополнительной поперечной арматуры

Приведенные методы усиления имеют ряд недостатков:

- высокая трудоемкость;
- при усилении зоны среза увеличением поперечного сечения уменьшается полезная площадь высота этажа;
- высокая стоимость;
- неудобство применения в стесненных условиях.

Изучению усиления изгибаемых железобетонных элементов в зоне среза посвящено множество работ [1–5]. Применение новых строительных материалов, таких как применение композитной арматуры на сегодняшний день считается приоритетным и помогает решить некоторые из этих недостатков [1, 6]. Однако, основной проблемой при усилении увеличением поперечного сечения остается уменьшение полезной высоты, что на сегодняшний день является огромным недостатком.

С целью уменьшения поперечного сечения элементов усиления, без потери прочности, следует рассмотреть вариант усиления изгибаемых железобетонных элементов приклеиванием в зоне среза дополнительной арматуры из углеродных волокон. Применение данного материала не только дает возможность сохранить характеристики помещения, но и значительно уменьшить трудоемкость и технологичность производства работ. Применение углеродного волокна в реконструкции также же характеризуется простотой и удобством использования, поскольку элементы внешнего армирования закрепляются на конструкции с помощью клея (эпоксидного, эпоксиполиуретанового или полицементного), они эффективно реагируют на приращение деформаций в элементах конструкций. Также применение данного материала позволяет сократить сроки проведения реконструкции, при этом увеличивая несущую способность конструкций в несколько раз по сравнению с традиционными способами [7, 8].

Для разработки рациональных рекомендаций по расчету изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон, необходимо изучить характер разрушения усиленных элементов.

Для получения данных о характере работы железобетонных элементов, усиленных в растянутой зоне среза приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон, были запроектированы опытные образцы изгибаемых железобетонных элементов в виде балок прямоугольного поперечного сечения 150мм(б)х250мм(н), длиной 3 м (рис. 4).

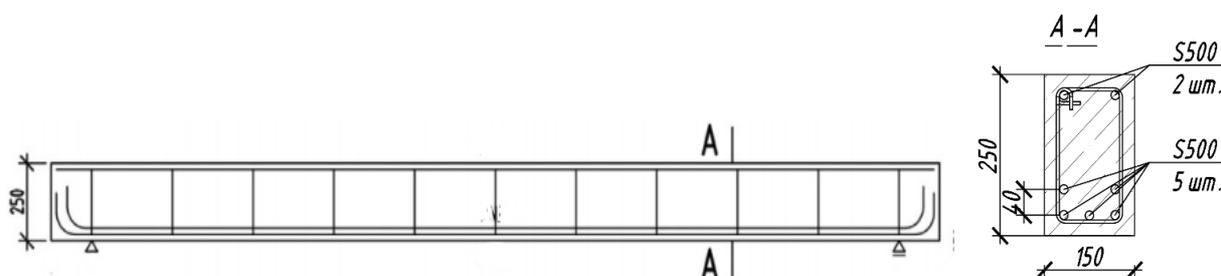


Рисунок 4. – Запроектированный опытный образец

Испытание опытных образцов планируется проводить в 3 серии, по 3-4 образца в каждой серии.

Первый образец в каждой серии планируется принимать за эталонный, проводить испытания без усиления. На основании данных, полученных при испытании первого образца, в дальнейшем будет определена степень нагружения опытных образцов перед усилением.

В качестве варьируемых параметров при проведении эксперимента были выбраны:

- степень нагружения опытных образцов при усилении (от начального уровня нагрузки, определяемого их собственным весом и весом испытательного оборудования, до предаварийного состояния конструкции);
- количество слоев дополнительной арматуры;
- угол расположения волокон по отношению к продольной оси опытного образца (рис. 5).

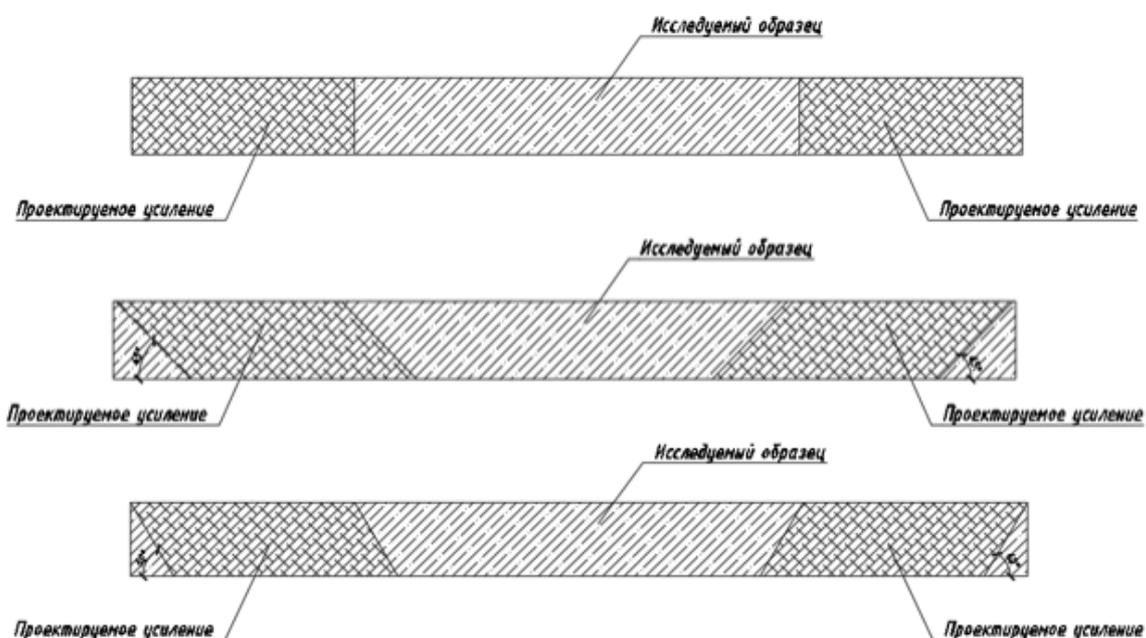


Рисунок 5. – Запроектированный опытный образец с различным углом расположения волокон по отношению к продольной оси (90° , 45° , 60°)

В ходе проведения испытаний планируется:

- получение новых экспериментальных данных о характере совместной работы изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон;
- получение экспериментальных данных о характере разрушения изгибаемых железобетонных элементов, в зоне среза приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон
- получение данных для разработки методики расчета изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон.

Заключение. На сегодняшний день известно достаточно большое количество методов усиления изгибаемых железобетонных элементов в зоне среза, которые имеют свои достоинства и недостатки. Однако появление новых материалов предоставляет возможность применения новых методик, которые будут иметь преимущества перед уже известными методами. В данной работе рассмотрен наиболее перспективный метод усиления зоны среза, так он более технологичен, прост в применении, уменьшает трудоемкость производства работ и экономически более выгоден. Он помогает сохранить полезную высоту этажа и не портит внешний вид конструкции.

Данный вид усиления изгибаемых железобетонных элементов приклеиванием в зоне среза дополнительной арматуры из углеродных волокон не имеет широкого применения в нашей республике и требует детального изучения. Однако, для разработки рациональных рекомендаций по расчету и практическому использованию данной методики необходимо изучить характер разрушения элементов, усиленных приклеиванием дополнительной арматуры из углеродных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование реконструкции зданий и сооружений// учеб.-метод. комплекс. В 3 ч. Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций / Д.Н. Лазовский. – Новополоцк : ПГУ, 2010. – 340 с.
2. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: общий курс. Учебник для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – 5-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.
3. Байков, В.Н. Особенности работы приопорных участков балок / В.Н. Байков, А.С. Залесов // Бетон и железобетон. – 1984. – №7. – С.20-22.
4. Бадалова, Е.Н. Прочность по нормальному сечению железобетонных многоспустотных плит перекрытий, усиленных арматурой из углеродных волокон/ Е.Н. Бадалова // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия F. – 2011. – С. 60–66.
5. Бондаренко, В.М. Усиление железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях. Учеб. пособие / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин; М.: МГАКХиС, – 2009. – 87 с.
6. Buyukkaragoz, A. Finite element analysis of the beam strengthened with prefabricated reinforced concrete plate/ A. Buyukkaragoz // Scientific Research and Essays Vol. 5(6). – 2010. – pp. 533-544.
7. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures / Reported ACI Committee 440: ACI440.2R-02, 2002. – 45 p.
8. Chen, J.F. Anchorage strength models for FRP and steel plates bonded to concrete / J.F. Chen, J.G. Teng // J. of Structural Engineering. – 2001. – 9 7. – P. 784 – 791.
9. Motavalli, M. FRP composites for retrofitting of existing civil structures in Europe: state-of-the-art review/M. Motavalli, C. Czaderski [Electronic resource]. – American Composites Manufacturers Association, 2007.– Mode of access: <http://www.acmanet.org/resources/07papers/Motavalli183.pdf>. – Date of access: 23.01.2019
10. Армированные пластики – современные конструкционные материалы / Э.С. Зеленский [и др.] // Рос. хим. журнал (Журнал Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). – 2001. – Т. XLV, № 2. – С. 56–74.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова*.
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 09.09.2020.
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>