

**Моделирование совместной работы арматуры с бетоном
на примере композитной арматуры**© Анатолий Васильевич Ластовка¹, Анастасия Витальевна Иванова^{1,2},¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия²СК «Авангард», г. Красноярск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ластовка Анатолий Васильевич, last_pro@mail.ru

Аннотация. Цель статьи – рассмотреть особенности моделирования совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры. В процессе исследования рассматривались стеклокомпозитная и базальтокомпозитная арматуры периодического профиля вида «А». Изучаемые образцы композитной арматуры представляют собой силовой стержень с анкерным слоем, который равномерно расположен на поверхности и под углом к его продольной оси. Анкерный слой изготовлен из термореактивной смолы и непрерывно армирующего наполнителя. Арматура типа «А» формируется путем вдавливания армирующего жгута в силовой стержень, при этом на поверхности образуются выступы. В результате проведенных экспериментов с бетонными кубами с размером ребер 15 см и призм с поперечным сечением 15×15 см, высотой 60 см, было установлено, что усредненные показатели максимальной прочности сцепления рассматриваемых образцов арматуры сопоставимы и соответствуют установленным стандартам. В то же время использование базальтокомпозитов имеет незначительное влияние на сцепление арматуры с бетоном. Существенной для данного показателя оказывается конфигурация наружного профиля стержня. Помимо этого, отмечена равномерность работы системы «арматура – бетон». Благодаря используемому в ходе эксперимента профилю арматуры было достигнуто равномерное и стабильное поведение стержня в бетоне. Доказательством этого являются диаграммы напряжения-смещения, построенные по результатам проведенных испытаний на выдергивание стержней арматуры из бетонных кубов. Полученные параметры сцепления с бетоном композитной стекло- и базальтопластиковой арматуры позволяют использовать для расчета анкеровки этой арматуры в бетоне общие зависимости.

Ключевые слова: бетон, совместная работа, выдергивание, напряжение, стеклокомпозит, базальтокомпозит

Для цитирования: Ластовка А. В., Иванова А. В. Моделирование совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 174–181. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-174-181>.

Original article**Simulation of combined action of reinforcement and concrete
on the example of composite reinforcement****Anatoly V. Lastovka¹, Anastasia V. Ivanova^{1,2}**¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia²SK "Avangard", Krasnoyarsk, Russia

Corresponding author: Anatoly V. Lastovka, last_pro@mail.ru

Abstract. The characteristics of modelling the combined action of reinforcement and concrete on the example of composite reinforcement are discussed. In the work, glass-fibre and basalt composite A-type deformed reinforcing bars were considered. The studied samples of composite reinforcement comprised a power rod having an anchor layer, evenly distributed on the surface at an angle to its longitudinal axis. The anchor layer was manufactured from a thermosetting resin and a continuously reinforcing filler. A-type reinforcement is formed by pressing the reinforcing bundle into the power rod, while ribs are generated on the surface. The experiments carried out using concrete cubes having a rib size of 15 cm and prisms having a cross-section of 15×15 cm and height of 60 cm showed that the average values of

maximum adhesion strength of the studied reinforcement samples are comparable and meet the established standards. Conversely, the use of basalt composites has a negligible impact on the adhesion of reinforcement to concrete. This indicator is significantly affected by the configuration of the external profile of the rod. In addition, the uniform operation of the "reinforcement – concrete" system was noted. Due to the reinforcement profile used during the experiment, uniform and stable behaviour of the rod in concrete was achieved, as demonstrated by the stress-displacement diagrams based on the results of the pull-out test. The obtained adhesion of composite glass-fibre and basalt reinforcement to concrete allows general dependencies for calculating the anchoring of this reinforcement in concrete to be used.

Keywords: concrete, joint work, pull-out, stress, glass composite, basalt composite

For citation: Lastovka A. V., Ivanova A. V. Simulation of combined action of reinforcement and concrete on the example of composite reinforcement. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):174-181. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-174-181>.

Введение

Композитная арматура обладает высокой механической прочностью, а ее низкий модуль упругости снижает величину потерь при предельном напряжении конструкций. Преимуществами такого типа арматуры является высокая прочность на разрыв (более 800 МПа), несклонность к коррозии и гниению; близость коэффициентов теплового расширения с бетоном; диэлектрические свойства, радиопрозрачность, магнитоинертность, малый вес [1].

Неметаллическая композитная арматура в последнее время все чаще заменяет стальную арматуру, особенно в зданиях и сооружениях специального назначения. Использование арматуры, не подвергающейся коррозии, позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию объектов и увеличить срок их службы [2, 3]. В результате анализа патентных материалов и выполненных испытаний на прочность [4, 5] и сцепление с бетоном можно утверждать, что учеными доказана высокая эффективность использования арматурных стержней при эксплуатации в условиях воздействия агрессивных сред. В то же время применение композитной арматуры для армирования бетонных конструкций сдерживается недостаточным исследованием особенностей работы таких элементов, ограниченным нормативным обеспечением и опытом эксплуатации соответствующих объектов.

Поэтому для широкого применения композитной арматуры в строительстве необходимы целенаправленные экспериментальные исследования как прочности, жесткости, трещиностойкости и долговечности стержней, так и их совместной работы с бетоном.

Таким образом, обозначенные обстоятельства обуславливают актуальность, теоретическую и практическую значимость темы данной статьи.

Методы

Анализ исследований и публикаций по теме статьи

В России исследования неметаллической композитной арматуры начались еще в начале 60-х годов XX века. В настоящее время над решением вопросов повышения сцепления композитной арматуры с бетонами работают такие авторы как, С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова, И. В. Караваев, Chen Si, Jiang Junfeng, Zhou Mengqian, Mark Atwater, Zayd C. Leseman, Jonathan Phillips.

Исследованию поверхностной физико-химической активности стекла, базальта и бетона с целью выявления количества активных центров посвящены труды А. М. Чернеева, М. А. Шевцовой, В. О. Склифоса, Lisbel Rueda-García, José L. Bonet Senach, Miguel Sosa, Pedro Fco, Alireza Javadian, Mateusz Wielopolski, Ian F. C. Smith, Dirk E. Hebel.

Нерешенные части общей проблемы

Однако, несмотря на имеющиеся публикации, проблемы формирования периодического профиля на поверхности неметаллической арматуры до конца не решены. Также отдельной проработки требуют вопросы определения величины сцепления композитной арматуры с бетоном в зависимости от состава бетонной смеси и способа его уплотнения [6, 7].

Более глубоко изучения требует анализ влияния обработки наружной поверхности композитной арматуры разными способами с целью увеличения сцепления стержней с бетоном. Кроме того, особого внимания заслуживает проблематика исследования напряженно-деформированного состояния, характера разрушения, прочности, ширины раскрытия нормальных трещин и прогибов балочных сгибаемых базальтобетонных элементов с разными процентами армирования.

Цель работы – рассмотреть особенности

моделирования совместной работы арматуры с бетоном на примере композитной арматуры.

Описание эксперимента

В ходе экспериментальных исследований

рассматривались два типа композитной арматуры – АКС 800 (арматура стеклокомпозитная) и АКБ 800 (арматура базальтокомпозитная) (рис. 1).



Рис. 1. Образцы стеклокомпозитной арматуры (АКС) и базальтокомпозитной арматуры (АБК) периодического профиля вида «А»

Fig. 1. Samples of glass-composite reinforcement (AKS) and basalt-composite reinforcement (ABK) of a periodic profile of the type "A"

Арматура вида «А» формируется путем вдавливания армирующего жгута в силовой стержень. При этом на поверхности образуются выступы, закрепляющие арматуру в бетоне, в результате чего возникают реактивные силы на поверхности арматуры. Возникновение реактивных сил значительно повышает общее сопротивление смещению арматуры [8].

Также для исследования был выбран бетон класса С12/15, механические характеристики которого определены путем испытания бетонных кубов с размером ребер 15 см и призм с поперечным сечением 15 × 15 см, высотой 60 см. Характеристики бетона класса С12/15: кубиковая прочность после 28 суток – $f_c = 19,19$ МПа; призмная крепость после 56 суток – $f_{cd} = 14,37$ МПа.

Арматурные стержни располагались в бетонных призмах таким образом, чтобы их продольные оси совпадали. Выступающие части стержней должны были позволять, с одной стороны, закрепляться в захвате прессы, а с другой – измерять его перемещение относительно торца призм.

На первом этапе эксперимента анализировалась прочность сцепления выбранных образцов арматуры в первоначальном состоянии. После этого была применена ступенчатая нагрузка с выдержкой в течение 20 секунд и шагом 50 Н. На каждой итерации фиксировалось смещение свободного конца арматуры.

Расчетно-методическая основа эксперимента

Для моделирования совместной работы арматуры с бетоном использовались следующие показатели.

Условное среднее напряжение [3, 9]:

$$\tau_{сц} = \frac{\sigma_0 \times f_a}{d_{ср} \times l'}$$

где $\sigma_0 \times f_a$ – усилия в переданном сечении стержня; $d_{ср}$ – средний диаметр арматуры; l – длина забетонированной части стержня.

Коэффициент полноты эпюры напряжений, которые возникают в стержне по всей длине его заделки в бетоне, под воздействием внешнего усилия:

$$\alpha_H = \frac{\sigma_x \times f_a}{\sigma_0 \times l'}$$

где σ_x – напряжение в сечениях стержня.

Условия прочности для бетонных кубов с трещинами при разрушении растянутой арматуры в общем случае записаны следующим образом [10, 11]:

$$\begin{aligned} A_{xx} \sin \alpha_T + A_{xx} \cos \alpha_T &= 0; \\ A_{yy} \cos \alpha_T + A_{xy} \sin \alpha_T &= 0, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} A_{xx} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \cos^2 \beta_i - M_x - 0,5N_x(h - x_T^T); \\ A_{yy} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \sin^2 \beta_i - M_y - 0,5N_y(h - x_T^T); \\ A_{xy} &= \sum \sigma_{Ti} a_{si} (h_0 - 0,5x_T^T) \sin \beta_i \cos \beta_i - M_{xy} - 0,5N_{xy}(h - x_T^T); \end{aligned}$$

$\sigma_{Ti} a_{si}$ – предел текучести и площадь сечения арматуры i -го стержня; α_T – угол между арматурой x -направления и площадкой текучести, проходящей по линии излома; β_i – угол между x -направлением и направлением i -го стержня арматуры; x_T^T – высота сжатой зоны над рассматриваемой трещиной, где течет арматура; h – полная высота сечения плиты; h_0 – рабочая высота сечения плиты; M_x, M_y, N_x, N_y – поперечные изгибающие моменты и нормальные силы в направлениях x и y ; M_{xy} – крутящий момент; N_{xy} – сдвиговая сила.

Расчетные значения сопротивления композитной арматуры на растяжение R_{fd} определяются по формуле:

$$R_{fd} = \frac{R_{fk}}{\gamma_{sf}}.$$

Результаты эксперимента

Полученные в ходе эксперимента показатели прочности сцепления образцов арматуры с бетоном отображены в таблице.

Прочность сцепления с бетоном образцов композитной стекло- и базальтопластиковой арматуры
Strength of adhesion to concrete of specimens of composite glass- and basalt-plastic reinforcement

Номинальный диаметр, мм	Маркировка	Напряженность, МПа			
		1 мм	3 мм	7 мм	max, мм
12,04	АКС-1	4,40	5,69	8,36	12,7
	АКС-2	3,53	5,25	7,92	12,8
	АКС-3	3,53	5,25	7,04	12,5
	АКС-4	3,54	4,82	7,02	12,3
	АКС-5	4,40	6,13	8,80	13,2
	АКС-6	4,40	5,69	7,48	12,5
Усредненные показатели		3,96	5,47	7,77	12,5
Среднеквадратическое отклонение		0,5			
Коэффициент вариации, %		3,6			
Минимальное значение напряженности для партии, МПа		12,0			
12,14	АБК-1	3,46	5,75	7,91	14,2
	АБК-2	3,46	5,75	7,91	13,7
	АБК-3	4,32	6,62	9,21	14,2
	АБК-4	4,32	6,62	8,35	13,5
	АБК-5	3,89	6,19	7,91	13,6
	АБК-6	4,32	7,05	9,64	13,9
Усредненные показатели		3,96	6,33	8,49	13,8
Среднеквадратическое отклонение		0,5			
Коэффициент вариации, %		3,5			
Минимальное значение напряженности для партии, МПа		13,1			

Полученные результаты свидетельствуют о том, что средние показатели, характеризующие максимальную прочность сцепления АКС и АБК, можно сопоставить между собой, соответственно 12,5 и 13,8 МПа. Невысокие значения коэффициента вариации и среднеквадратического отклонения показывают равномерность работы системы «арматура – бетон». На основании этого можно сделать вывод, что использование АБК оказывает незначительное влияние на сцепление композитной арматуры с бетоном по сравнению с АКС, на этот параметр в значительно большей степени оказывают влияние особенности внешнего профиля стержня. Также исследования образцов композитной арматуры на сцепление с бетоном свидетельствуют о том, что при максимальных напряжениях сцепление разрушается из-за слабой связи между бетоном и арматурой. Учитывая тот факт, что бетон является неоднородным, следует отметить, что напряжение по поверхности контакта с бетоном также распределяется

неравномерно.

При контакте двух материалов в пределах небольших участков происходит образование зон больших соприкасающихся напряжений, которые выходят за установленные допустимые пределы. Это, в свою очередь, приводит к срезанию в наибольшей степени выступающих частиц бетона из плоскости стержня, в результате чего происходит локальное проскальзывание. В рамках проводимого эксперимента используемый профиль арматуры дал возможность достигнуть равномерного и стабильного поведения стержня в бетоне. Доказательством этого являются диаграммы «напряжение – смещение», которые были построены по результатам испытаний на выдергивание из бетона стержней арматуры (рис. 2). Как свидетельствует рис. 1, графики характеризуются криволинейной зависимостью смещения образцов арматуры АКС и АБК от напряжения. В то же время в рамках полученных зависимостей можно выделить 3 зоны.

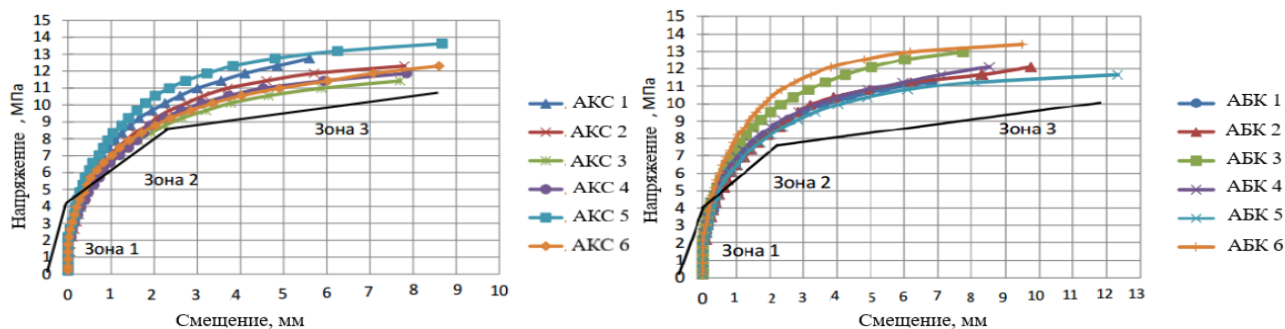


Рис. 2. Диаграмма «смещение – напряжение» при испытании образцов стеклокомпозитной арматуры (слева) и базальтокомпозитной арматуры (справа)

Fig. 2. Displacement-stress diagram for testing specimen of glass composite reinforcement (on the left) and basalt composite reinforcement (on the right)

Для первой зоны – напряжение от 0 до 500 Н (2,2 МПа), при небольших значениях выдергивающей силы можно наблюдать упругие деформации, при этом отсутствуют следы стержня арматуры. По мере увеличения нагрузки начинают образовываться участки с локальным скольжением, а также сдвиговые трещины. Это приводит к увеличению скорости перемещения композитной арматуры по бетону в зоне 2 (смещение составляет 2–5 мм). В зоне 3 происходит значительное уменьшение несущей способности бетона, а сцепление арматуры с бетоном обеспечивается за счет деформированного профиля арматуры и сил трения.

Заключение

Проведенный анализ дает основания утверждать, что композитная арматура на примере расчетов бетонных кубов является

более эффективной по сравнению с ранее используемой металлической арматурой.

Результаты экспериментальных исследований совместной работы стеклокомпозитной и базальтокомпозитной арматуры с бетоном позволили установить, что зависимость между напряжениями и деформациями растяжения носит практически линейный характер.

Также испытания свидетельствуют о том, что разрушение исследуемых образцов бетона под действием вырывающей нагрузки возникает на границе прослойки между бетоном и арматурой. Когда было приложено максимальное напряжение, выдергивание арматуры происходило без разрушения бетонного куба. С бетоном деформированный профиль арматуры соприкасается максимальной площадью – это обеспечивает их стабильную совместную работу¹ [12–14].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мухамедиев Т. А. Изменения в своде правил по проектированию конструкций из бетона с полимерной композитной арматурой // Вестник НИЦ «Строительство». 2021. № 3 (30). С. 51–55. [https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3\(30\)-51-55](https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3(30)-51-55).
2. Николюкин А. Н., Ярцев В. П., Коломникова И. И. Численное моделирование композитной арматуры для задачи сцепления с бетоном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2019. № 5. С. 56–65. https://doi.org/10.34031/article_5ce292ca089623.21062637.
3. Абрамов И. В., Турыгин Ю. В.,

- Лекомцев П. В., Романов А. В., Бучкин А. В., Саидова З. С. Некоторые результаты испытаний приспособлений анкерного типа для натяжения композитной арматуры // Строительные материалы. 2019. № 1-2. С. 64–69. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-64-69>.
4. Римшин В. И., Меркулов С. И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38–42.
5. Римшин И. В., Кустикова Ю. О. Феноменологические исследования величины сцепления базальтопластиковой арматуры с

¹Кудяков К. Л. Прочность и трещиностойкость изгибаемых бетонных элементов с базальтофибровым и стержневым стеклокомпозитным армированием при статическом и кратковременном динамическом нагружении: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2018. 208 с.

бетоном // Известия ЮЗГУ. Серия: Техника и технологии. 2011. № 1. С. 27–31.
6. Хозин В. Г., Пискунов А. А., Гиздатуллин А. Р., Куклин А. Н. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 214–220.
7. Кашеварова Г. Г., Марросян А. С., Травуш В. И. Расчетно-экспериментальное исследование процесса разрушения связей сцепления при вдавливании стержня жесткой арматуры в бетон // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2016. № 3. С. 62–75. <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>.
8. Javadian A., Wielopolski M., Smith I. F. C., Hebel D. E. Bond-behavior study of newly developed bamboo-composite reinforcement in concrete // Construction and building materials. 2016. Vol. 122. p. 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.084>.
9. Yang Wei, Si Chen, Junfeng Jiang, Mengqian Zhou, Kang Zhao. Experimental investigation of bamboo-concrete composite beams with threaded reinforcement connections // Journal of sandwich structures and materials. 2022. Vol. 24. Iss. 1. p. 601–626. <https://doi.org/10.1177/10996362211023529>.
10. Khaynasov K. Reinforcement of reinforced

concrete structures with composite materials // IOP conference series: Materials science and engineering. 2021. Vol. 1030. Iss. 1. p. 34–45. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012070>.
11. Квасников А. А. Методика расчета взаимодействия бетона и арматуры железобетонных конструкций в программном комплексе ABAQUS // Строительная механика и расчет сооружений. 2019. № 1 (282). С. 65–70.
12. Коковцева А. В., Семенов А. С., Семенов С. Г. Моделирование процесса выдергивания стеклопластиковой арматуры из бетонного блока // XIII неделя науки СПбГПУ: сб. трудов конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 02–07 декабря 2013 г.). Санкт-Петербург, 2013. С. 182–184.
13. Ерышев В. А., Бондаренко А. С., Царев В. С. Влияние усадки бетона на деформирование железобетонных конструкций // Вектор науки ТГУ. 2011. № 4. С. 52–55.
14. Гиздатуллин А. Р., Хусаинов Р. Р., Хозин В. Г., Красникова Н. М. Прочность и деформативность бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитными стержнями // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 2 (62). С. 32–41. <https://doi.org/10.5862/MCE.62.4>.

REFERENCES

1. Mukhamediev TA. Changes in the code of rules for the design of structures made of concrete with polymer composite reinforcement. *Vestnik NIC "Stroitel'stvo"*. 2021;3(30):51–55. [https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3\(30\)-51-55](https://doi.org/10.37538/2226-9696-2021-3(30)-51-55). (In Russ.).
2. Nikolyukin AN, Yartsev VP, Kolomnikova II. Numerical modeling of composite fittings for clutching with concrete. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova = Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*. 2019;5:56–65. (In Russ.).
3. Abramov IV, Turygin YuV, Lekomtsev PV, Romanov AV, Buchkin AV, Saidova ZS. Some results of testing anchoring devices used in composite reinforcement tensioning. *Stroitel'nye materialy*. 2019;1-2:64–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-64-69>.
4. Rimshin VI, Merkulov SI. Elements of theory of development of concrete structures with nonmetallic composite reinforcement. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2015;5:38–42. (In

Russ.).
5. Rimshin IV, Kustikova JO. Phenomenological researches of size of coupling basalt fiber armature with concrete. *Izvestiya YuZGU. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. 2011;1:27–31. (In Russ.).
6. Khozin VG, Piskunov AA, Gizdatullin AR, Kuklin AN. Adhesion fiber-reinforced polymer bars with cement concrete. *Izvestiya KGASU = News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2013;1(23):214–220. (In Russ.).
7. Kashevarova GG, Marrosyan AS, Travush VI. Computational and experimental research of the contact debonding process when rigid reinforcement is pressed into concrete. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika = PNRPU Mechanics Bulletin*. 2016;3:62–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2016.3.04>.
8. Javadian A, Wielopolski M, Smith IFC, Hebel DE. Bond-behavior study of newly developed bamboo-composite reinforcement in concrete. *Construction and building materials*. 2016;122:110–117.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.084>.
9. Yang Wei, Si Chen, Junfeng Jiang, Mengqian Zhou, Kang Zhao. Experimental investigation of bamboo-concrete composite beams with threaded reinforcement connections. *Journal of sandwich structures and materials*. 2022;24(1):601-626.
<https://doi.org/10.1177/10996362211023529>.
10. Khaynasov K. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. *IOP conference series: Materials science and engineering*. 2021;1030(1):34-45. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012070>.
11. Kvasnikov AA. Method for analysis the interaction of concrete and reinforcement of reinforced concrete structures in the ABAQUS. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii = Structural mechanics and analysis of constructions*. 2019;1(282):65-70. (In Russ.).

12. Kokovtseva AV, Semenov AS, Semenov SG. Modelirovanie protsessa vydergivaniya stekloplastikovo armatury iz betonno bloka. *XIII nedelya nauki SPBGPU: sb. trudov konf. s mezhdunar. uchastiem* (Saint Petersburg, 02-07 December 2013). Saint Petersburg, 2013. p. 182-184. (In Russ.).
13. Eryshev VA, Bondarenko AS, Tsarev VS. Effect of deformation on the shrinkage of concrete reinforced concrete structures. *Vektor nauki TGU*. 2011;4:52-55. (In Russ.).
14. Gizdatullin AR, Khusainov RR, Khozin VG, Krasnikova NM. Strength and deformability of concrete structures reinforced with fibre-reinforced polymer bars. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of Civil Engineering*. 2016;2(62):32-34. (In Russ.).
<https://doi.org/10.5862/MCE.62.4>.

Информация об авторах**А. В. Ластовка,**

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительных конструкций
и управляемых систем,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
Россия,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>

А. В. Иванова,

мастер,
СК «Авангард»,
660012, г. Красноярск, ул. Карамзина, 28А,
Россия;
магистрант,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79,
Россия,
e-mail: ivanovanastya17101998@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3995-0671>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Иванова А. В. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author**Anatoly V. Lastovka,**

Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor of the Department
of Building Structures and Controlled Systems,
Siberian Federal University,
79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041,
Russia,
e-mail: last_pro@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0751-1631>

Anastasia V. Ivanova,

Master,
"SK" Avangard,
28A, Karamzina St., Krasnoyarsk, 660012,
Russia;
undergraduate,
Siberian Federal University,
79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041,
Russia,
e-mail: ivanovanastya17101998@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3995-0671>

Contribution of the author

The authors contributed equally to this article. Ivanova A. V. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 07.04.2022.
Одобрена после рецензирования 04.05.2022.
Принята к публикации 05.05.2022.

The article was submitted 07.04.2022.
Approved after reviewing 04.05.2022.
Accepted for publication 05.05.2022.