

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/165TVN617.pdf>

Статья опубликована 06.02.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Аль-шиблави Карам Али, Ярцев В.П., Першин В.Ф. Армирование бетонных изделий полимерными композиционными материалами: современное состояние и перспективы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/165TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 62**

**Аль-шиблави Карам Али**

ФБГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов  
Аспирант  
E-mail: eng.karamali@yahoo.com

**Ярцев Виктор Петрович**

ФБГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов  
Профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений»  
Доктор технических наук  
E-mail: Jarcev21@rambler.ru

**Першин Владимир Федорович**

ФБГОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, Тамбов  
Профессор кафедры «Техническая механика и детали машин»  
Доктор технических наук  
E-mail: pershin.home@mail.ru

**Армирование бетонных изделий  
полимерными композиционными материалами:  
современное состояние и перспективы**

**Аннотация.** В статье дан обзор вариантов армирования бетонных изделий полимерными материалами. Проанализированы преимущества и недостатки полимерной арматуры по сравнению с металлической.

Приведены результаты экспериментальных исследований прочностных характеристик, влияния агрессивных сред и температурных воздействий. Рассмотрены варианты повышения трещиностойкости бетонных изделий за счет использования полимерной арматуры, что очень важно для проведения строительных работ в районах с повышенной сейсмической активностью. Особое внимание уделено связи полимерной арматуры с бетоном. Рассмотрены способы повышения прочностных характеристик арматуры за счет модифицирования материала армирующих элементов и связующего. Обоснована перспективность модифицирования углеродными наноматериалами. Сформулированы задачи дальнейших исследований, направленных на повышение эксплуатационных характеристик полимерной арматуры.

**Ключевые слова:** полимеркомпозитная арматура; стеклопластик; удельная прочность; трещиностойкость; коррозионная стойкость; морозостойкость; углеродные нанотрубки; графен

Полимеркомпозитная арматура (ПКА), в частности стеклопластиковая (СПА), все шире используется в современном строительстве. Это обусловлено, с одной стороны, ее высокой удельной прочностью (отношением прочности к удельному весу), с другой стороны, высокой коррозионной стойкостью, морозостойкостью, низкой теплопроводностью. Капиталовложения на армирование СПА в настоящее время значительно больше, чем железобетонных, но постоянное совершенствование технологии производства стеклопластиков, в том числе модифицированных наноматериалами дает основание надеяться на существенное снижение их себестоимости в ближайшем будущем.

Использование полимерных материалов для армирования бетонных изделий способствует также снижению выбросов CO<sub>2</sub>, за счет уменьшения массовой доли цемента, при производстве которого образуется 7 % мировых промышленных выбросов [1].

Ряд исследований посвящен обоснованию целесообразности армирования разных строительных объектов. Так, например, в работе [2] доказано, что экономически целесообразно армировать бетонные полы промышленных сооружений. В работе [3] представлены результаты исследований несущей способности и трещиностойкости бетонных конструкций, работающих на упругом основании. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по применению полимеркомпозитной арматуры (ПКА) в сборных бетонных изделиях. Показано, что ПКА может успешно применяться для армирования сборных бетонных конструкций, работающих на упругом основании. Трещиностойкость особенно важна при строительстве в районах с повышенной сейсмической активностью, например, в Республике Ирак. Экономический эффект достигается как за счет минимальных расходов при изготовлении конструкций, так и в ходе эксплуатации за счет увеличенного срока их службы в агрессивных средах по сравнению с традиционной стальной арматурой. В работе [4] в результате экспериментальных исследований выявлено, что несущая способность балок с базальтопластиковой арматурой (БПА) в 1,5 и более раз выше несущей способности балок с металлической арматурой. Практически во всех случаях испытаний установлено, что наиболее эффективно работает внешняя оболочка БПА, в то время как сердечник – базальтовые волокна – работают в пределах 10...15 % по объему. Аналогичные исследования базальтопластиковой арматурой представлены в работах [5, 6, 7, 8]. На наш взгляд, одной из возможных причин является слабое сцепление волокон со связующим материалом.

В работе [9] армированные углеродным волокном (CFRP) полимеры и традиционную стальную арматуру тестировали на долговечность связи с бетоном, погруженным в морскую воду. Аналогичные исследования, но в более широком диапазоне параметров проводились в работе [10]. В работе [11] представлены результаты исследования прочности бетонных изделий армированных GFRP при воздействии морской воды или обледенения соли на GFRP арматуре. Не выявлено существенных различий в прочности, независимо от того, погружены изделия в раствор соли или водопроводную воду. Согласно прогнозам, даже после срока службы 100 лет, прочность на растяжение будет составлять не менее 70 % от первоначальной. Кроме испытаний на растяжение и сжатие, большой интерес представляют аналогичные испытания на сдвиг [12, 13]. Вопросы определения напряжений при сдвиге и образование трещин в бетонных армированных изделиях, рассматриваются в работе [14]. Установлено, что армирование на 50 % снижает вероятность образования трещин. В статье [15] обсуждаются результаты усовершенствования полимерных композиционных материалов для строительной индустрии за последние три-четыре десятилетия. Определены области научных исследований, требующие первоочередного внимания, для расширения сферы промышленного использования этих материалов.

В работе [16] представлены результаты исследований физико-механических характеристик композитной полимерной арматуры. Экспериментально определены значения

основных прочностных и деформационных характеристик стекло- и углекомпонитной арматуры при статическом воздействии осевой растягивающей и сжимающей нагрузки. В работе [17] приведены результаты экспериментальных исследований связи с бетоном плоской и рельефной стеклопластиковой арматуры. Дан сравнительный анализ полученных экспериментальных данных с результатами других исследователей. В работе [18] представлены экспериментальные исследования прочности пултрузионного армированного стекловолокном полимера (GFRP), применяемых в строительстве зданий. С Eglass волокном были использованы три разные матрицы: изофталевый полиэфир, ортофталевый полиэфир и виниловый эфир. Изменение механических характеристик композитов контролировались в процессе ускоренного искусственного старения в климатической камере. Имитировалось комбинированное воздействие высокой температуры, циклов замораживания-оттаивания, влаги и ультрафиолетового излучения. Прочность на растяжение, изгиб и межлинейный сдвиг определялись во время шести месячной искусственной экспозиции. Наблюдалось последовательное снижение механических характеристик. Собранные данные сравнивались с данными, полученными после одного года естественного старения во внешней атмосфере. Было отмечено, что рассматриваемое искусственное старение приводит к более высокой деградации некоторых механических свойств по сравнению с естественным старением.

Особый интерес представляют результаты исследования прочности бетонных изделий армированных полимерными материалами при экстремальных температурах от  $-100$  до  $+350$  °C [20]. В результате этих испытаний установлено, что при низких температурах прочность изделий увеличивается, что объясняется увеличением жесткости матрицы аморфного полимера. Испытания в северных регионах Канады при температуре в диапазоне от  $-40$  до  $50$  °C, показали, что прочность на разрыв и модуль упругости при изгибе практически не изменяются, т. е. температура в этом диапазоне не влияет на физико-механические характеристики стекловолокна. При температурах выше  $120$  °C механическая прочность и модуль упругости при изгибе уменьшались из-за изменений состояния полимера. При температуре  $350$  °C, появлялись микротрещины в полимере из-за термического разложения. Следует иметь в виду, что условия, используемые в данном исследовании, были более жесткими, чем в реальности, поскольку образцы GFRP непосредственно контактировали с воздухом, что не имеет места в реальных условиях, поскольку арматура находится в бетоне. Результаты моделирования высокотемпературных воздействий на мостовые плиты, усиленные арматурой из GFRP представлены в работе [21]. Точность прогнозирования оценивалась с помощью сравнений с некоторыми экспериментальными результатами доступными в литературе. Показано, что метод конечных элементов позволяет достаточно точно прогнозировать напряженно-деформированное состояние как для комнатной, так и для повышенной температуры. В Технологическом университете Брно [22] проводили исследования поведения полимерной арматуры при пожаре. Установлено, что данная арматура на протяжении достаточно долгого промежутка времени в условиях пожара сохраняет прочностные свойства. Аналогичные исследования представлены в работе [23]. Армированный волокном полимер (Fibre Reinforced Polymer) в последнее три десятилетия привлекает значительное внимание для преодоления проблем, связанных с коррозией стальных арматурных стержней в бетонных элементах.

В работе [24] приведены результаты исследования бетонных колонн диаметром  $205$  мм и высотой  $800$  мм, армированных GFRP (полимер армированный стекловолокном). Предложена аналитическая модель напряженно-деформированного состояния при осевом нагружении. Модель подтверждена экспериментальными результатами. Показана перспективность замены стальной арматуры полимерной. В работе [25] даны результаты экспериментальных исследований влияния продолжительной нагрузки на прочность при сдвиге сборных железобетонных сэндвич-панелей, армированных сеткой GFRP. Испытано 26

панелей с использованием различных комбинаций сетки и изоляции из пены. В статье представлены несколько доступных в настоящее время моделей прочности сцепления для армирующих стержней из стали и FRP в бетоне, обсуждаются как достоинства, так и недостатки этих моделей. Результаты аналогичных испытаний, но при изгибе приведены в работе [26].

Наряду с созданием новых неметаллических материалов для армирования бетонных изделий разрабатываются новые методы определения физико-механических характеристик этих изделий. В работе [27] предлагается бесконтактный метод оценки долговечности связи между стеклянными волокнами полимера (GFRP) и бетона в условиях циклического замораживания-оттаивания. Этот метод основан на измерении электрического отклика на механический удар.

Результаты определения прочности бетонных армированных изделий, при циклическом замораживании-оттаивании приводятся в работе [28].

Перспективным представляется использование полимерной арматуры в бетонах, которые используются для блокирования радиоактивных материалов. Так в работе [29], установлено, что гамма радиация не оказывает существенного влияния на силу сцепления между арматурой и бетоном и прочность при растяжении уменьшается не более, чем на 8 %.

Еще в начале 80-х в Нидерландах были начаты комплексные исследования стеклопластиков для внутреннего и внешнего армирования бетонных изделий [30]. Проведены эксперименты в использование полос из углеродного волокна для усиления кладочные структуры, работающей в районах с землетрясениями [31]. Впоследствии такие полосы были применены для укрепления куполов древних церквей в Италии [32], которые находятся в зонах, подверженных землетрясениям.

Особый интерес представляют исследования по использованию наноматериалов для модифицирования неметаллической арматуры. В статье [33] рассматриваются результаты исследования однородности и устойчивости водных дисперсий углеродных наноматериалов с учетом влияния поверхностно-активных стабилизаторов разного вида и их концентраций на равномерное распределение наноматериала в водной среде. Равномерное распределение наномодификатора в строительных композитах обеспечивается с помощью введения поверхностно-активных веществ и ультразвукового воздействия на углеродные нанотрубки, что позволяет диспергировать их агломераты и достичь уменьшения среднего размера в 15-20 раз, за счет чего появляется возможность более эффективного использования потенциала углеродных нанотрубок как модификатора строительных композитов. В результате экспериментальных исследований выявлено поверхностно-активное вещество с концентрацией, способствующей равномерному распределению углеродных нанотрубок в объеме дисперсии, соответственно, в матрице строительного композита.

В работе [34] предлагается использование минеральной добавки на основе золы-уноса ТЭЦ, представляющей собой тонкодисперсную пыль с частицами сферической формы, и УНМ «Таунит» в качестве модификатора бетона. По химическому составу зола-уноса отличается наличием свободных оксидов кальция, при взаимодействии с водой которые образуют кристаллическую решетку, что позволяет получить более плотную структуру строительного композита и повышенные физико-механические характеристики.

В статье [35] описывается возможность использования комплексных полифункциональных добавок строительного назначения на основе углеродных нанотрубок и цеолитов (синтетических и природных). Синтез УНТ проводили методом каталитического пиролиза CVD. Направленный синтез в структуре цеолита осуществлялся за счет пропитки исходных веществ раствором прекурсоров на основе катализатора синтеза УНТ. Экспериментальные исследования были направлены на изучение влияния

наномодифицирующей добавки на физико-механические характеристики строительного композита. Полученные данные позволили выдвинуть предположение, что при выбранных условиях модифицирования строительного материала, цеолит, попадая в структуру бетона, будет выполнять роль не только минеральной добавки, но и материала-носителя УНТ, что позволит равномерно распределить углеродные наночастицы в матрице строительного композита, с другой стороны адсорбционные свойства цеолита будут усилены за счет наличия в структуре углеродных элементов. Структуры наномодифицирующих цеолитов и полученного строительного композита оценивались методом электронной сканирующей микроскопии (СЭМ). Электронные микрофотографии исследуемых объектов позволили объяснить процессы формирования структуры бетона, наномодифицированного комплексной полифункциональной добавкой на основе синтетического и природного цеолита и углеродного наноматериала.

Прочностные характеристики композитной арматуры и, как следствие, армированных бетонных изделий зависят от сцепления арматуры с бетоном [4, 36, 37, 38]. Фактически с бетоном контактирует связующее, которое используется для формирования из волокон (стеклопластиковых, базальтовых или углеродных) стержня. Таким образом, повышение прочности связующего и сцепления этого связующего с бетоном является резервом улучшения эксплуатационных характеристик композитной арматуры, при ее использовании в бетонных изделиях.

По результатам проведенного анализа задачи дальнейших исследований в области применения полимерных композитов для армирования бетонных изделий можно сформулировать следующим образом:

- повышение прочности полимерной арматуры, в том числе за счет модифицирования углеродными наноматериалами;
- разработка оптимальных схем внутреннего армирования бетонных изделий, с учетом специфических условий их эксплуатации;
- исследование влияния армирования бетонных изделий полимеркомпозитной фиброй, в том числе зонного армирования;
- исследование взаимного влияния внутреннего и внешнего армирования и определение их оптимального сочетания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Yu R. Sustainable development of Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC): Towards to an optimized concrete matrix and efficient fibre application / Rui Yu, Qiulei Song, Xinpeng Wang, Zhihao Zhang, Zhonghe Shui, H. J. H. Brouwers // *Journal of Cleaner Production*, 2017, № 162, pp. 220-233.
2. Murugesan M., Dashrath R. Advantages of steel fibre reinforced concrete in industrial floors / *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2015, Vol. 04, pp. 243-247.
3. Gizdatullin A. R., Khozin V. G., Kuklin A. N. Osobennosti deformirovaniya i razrusheniya betonnykh balok, armirovannykh kompozitnoy armaturoy razlichnykh diametro [Deformation and destruction features of concrete beams with composite reinforcement various width] *Doklad VIII Akademicheskoye chteniya RAASN, Kazan*. 2014, pp. 32-41.

4. Кустикова Ю. Исследование свойств базальтопластиковой арматуры и ее сцепление с бетоном / Строительство: наука и образование. 2014. № 1. Ст. 1. <http://www.nso-journal.ru>.
5. Altalmas A., El Refai A., Abed F. Bond degradation of basalt fiber-reinforced polymer (BFRP) bars exposed to accelerated aging conditions / Construction and Building Materials, 2015, № 81, pp. 162-171.
6. Vincent P., Ahmed E., Benmokrane B. Characterization of Basalt Fiber-Reinforced Polymer (BFRP) Reinforcing Bars for Concrete Structures / 3rd Specialty Conference on Material Engineering & Applied Mechanics, 2013, pp. 111-10.
7. Elgabbas F., Ahmed E., Benmokrane B. Development and characterization of basalt FRP reinforcing bars for concrete structures / The 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, 2014, pp. 1-6.
8. Elgabbas F., Vincent P., Ahmed E., Benmokrane B. Experimental Testing of Basalt-Fiber-Reinforced Polymer Bars in Concrete Beams / Composites Part B: Engineering, Volume 91, 15 April 2016, pp. 205-218.
9. Zhiqiang Dong, Gang Wua, Bo Xua, Xin Wang, Luc Taerwe Bond durability of BFRP bars embedded in concrete under seawater conditions and the long-term bond strength prediction / Materials and Design, 2016, № 92, pp. 552-562.
10. Vilanova I., Baena M., Torres L., Barris C. Experimental study of bond-slip of GFRP bars in concrete under sustained loads / Composites Part B, 2015, № 74, pp. 42-52.
11. Robert M., Benmokrane B. Combined effects of saline solution and moist concrete on long-term durability of GFRP reinforcing bars/ Construction and Building Materials, 2013, №38, pp. 274-284.
12. Taljsten B. Strengthening of Concrete Structures for Shear with Bonded CFRP-Fabrics. In: Recent Advances in Bridge Engineering (Meier, U.; Betti, R., Eds.), 1997, pp. 67-74.
13. Triantaffillou T. C. Shear strengthening of concrete members using composites. Proceedings of the 3rd International Symposium on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Vol. 1, 1997, pp. 523-530.
14. Mohamed S. Experimental and analytical shear evaluation of concrete beams reinforced with glass fiber reinforced polymers bars / Mohamed Said, Maher A. Adam, Ahmed A. Mahmoud, Ali S. Shanour / Construction and Building Materials, 2016, № 102, pp. 574-591.
15. Hollaway L. C. A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties / Construction and Building Materials, 2010, №246. pp. 2419-2445.
16. Плевков В. С. Прочность и деформативность арматуры композитной полимерной при статическом и кратковременном динамическом растяжении и сжатии / В. С. Плевков, И. В. Баландин, К. Л. Кудяков, А. В. Невский // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2016, № 5, С. 91-101.
17. Benin A., Bogdanova G., Semenov S. Experimental Study and Mathematical Modeling of Bond of Different Types Winding Glass-Plastic Reinforcement with Concrete / Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol. 617, pp. 215-220.

18. Guglielmo Carra, Valter Carvelli Ageing of pultruded glass fibre reinforced polymer composites exposed to combined environmental agents / *Composite Structures*, 2014, № 108, pp. 1019-1026.
19. Makusheva N. Yu., Kolosova N. B. Comparative analysis of metal reinforcement and fibre-reinforced plastic rebar / *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2014, №10, pp. 60-72.
20. Mathieu Robert, Brahim Benmokrane Behavior of GFRP Reinforcing Bars Subjected to Extreme Temperatures / *Journal of composites for construction*, July / August 2010, pp. 353-360.
21. Pagani R. Modelling high temperature effects on bridge slabs reinforced with GFRP rebars / Roberto Pagani, Massimiliano Bocciarelli, Valter Carvelli, Marco Andrea Pisani // *Engineering Structures*, 2014, № 81, pp. 318-326.
22. Horak D., Zlaman M., Stepanek P. Behavior of FRP-RC Members during Exposure to Fire / *Advanced Materials Research* 2014, Vol. 1054, pp. 27-32.
23. Umberto Berardi, Nicholas Dembsey Thermal and Fire Characteristics of FRP Composites for Architectural Applications/ *Polymers*, 2015, № 7, pp. 2276-2289.
24. Hogr Karim Axial load-axial deformation behaviour of circular concrete columns reinforced with GFRP bars and helices / Hogr Karim, M. Neaz Sheikh, Muhammad N.S. Hadi // *Construction and Building Materials*, 2016, № 112, pp. 1147-1157.
25. Kazem H. Durability and long term behavior of FRP / foam shear transfer mechanism for concrete sandwich panels / Hamid Kazem, William G. Bunn, Hatem M. Seliem, Sami H. Rizkalla, Harry Gleich // *Construction and Building Materials*, 2015, № 98, pp. 722-734.
26. Weina Meng and Kamal H. Khayat Experimental and Numerical Studies on Flexural Behavior of Ultra-High-Performance Concrete Panels Reinforced with Embedded Glass Fiber-Reinforced Polymer Grids / *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2592, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2016, pp. 38-44.
27. Fursa T. V. Using electric response to mechanical impact for evaluating the durability of the GFRP-concrete bond during the freeze-thaw process / T. V. Fursa, G. E. Utsyn, I. N. Korzenok, M. V. Petrov, Yu. A. Reutov // *Composites Part B*, 2016, № 90, pp. 392-398.
28. Xingyu Gu Experimental study of the bond performance and mechanical response of GFRP reinforced concrete / Xingyu Gu, Bin Yu, Ming Wu // *Construction and Building Materials*, 2016, № 114, pp. 407-415.
29. S. Mukhtar Homam, Shamim A. Sheikh, Fiber-Reinforced Polymers Exposed to Nuclear Power Plant Environment / *J. Compos. Constr.* 2013. 17.
30. Gerritse A. Specific Features and Properties of AFRP-Bars. *Advanced Composite Materials and Structures*, Montreal, 1996, pp. 75-82.
31. Steiner W. Strengthening of structures with CFRP strips. *Advanced Composite Materials and Structures*, Montreal, 1996, pp. 407-417.
32. Blascho M., Zilch K. Retrofitting of a Historical Arch Bridge with CFRP. 5<sup>th</sup> Short and Medium Span Bridge Conference, Calgary, 1998. 10.

33. Толчков Ю. Н. Влияние поверхностно-активных веществ на распределение углеродных наноматериалов в водных дисперсиях при наномодифицировании строительных композитов / Ю. Н. Толчков, Т. И. Панина, З. А. Михалева, Е. В. Галунин, Н. Р. Меметов, А. Г. Ткачев // Химическая физика и мезоскопия, 2017, Т. 19, № 2. Год: 2017, С. 292-298.
34. Панина Т. И., Толчков Ю. Н., Михалева З. А. Комплексная добавка в строительные композиты с наномодифицированным модификатором на основе золы-уноса / В. И. Вернадский Устойчивое развитие регионов, Материалы Международной научно-практической конференции, Тамбов, 2016, С. 224-227.
35. Т. И. Панина Эффективность применения комплексной наномодифицирующей добавки на основе цеолитов в строительных материалах / Т. И. Панина, Ю. Н. Толчков, А. Г. Ткачев, З. А. Михалева, Е. В. Галунин, Н. Р. Меметов, А. И. Попов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2016. Т. 8. № 5. С. 116-132.
36. Гиль А. И., Бадалова Е. Н., Лазовский Е. Д. Стеклопластиковая и углепластиковая арматура в строительстве: преимущества, недостатки, перспективы применения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2015. №16. С. 48-53.
37. Бенин А. В., Семенов С. Г. Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №9. С. 74-76.
38. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном / В. Г. Хозин, А. А. Пискунов, А. Р. Гиздатуллин [и др.] // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 214-220.

**Al-shiblawi Karam Ali**

Tambov state technical university, Russia, Tambov  
E-mail: eng.karamali@yahoo.com

**Jarcev Victor Peitrovich**

Tambov state technical university, Russia, Tambov  
E-mail: Jarcev21@rambler.ru

**Pershin Vladimir Fedorovich**

Tambov state technical university, Russia, Tambov  
E-mail: pershin.home@mail.ru

## **Reinforcement of concrete with polymeric composite materials: modern condition and prospects**

**Abstract.** The article gives an overview of options for reinforcing concrete products with polymeric materials. The advantages and disadvantages of polymer reinforcement are compared with those of metal. The results of experimental studies of strength characteristics, the influence of aggressive media and temperature effects are presented. The options for increasing the crack resistance of concrete products due to the use of polymer reinforcement are considered, which is very important for carrying out construction work in areas with increased seismic activity. Particular attention is paid to the connection of polymer reinforcement with concrete. The methods of increasing the strength characteristics of the reinforcement by modifying the material of the reinforcing elements and the binder are considered. The prospects of modification by carbon nanomaterials are grounded. The tasks of further research aimed at improving the operational characteristics of polymer reinforcement are formulated.

**Keywords:** polymer-composite reinforcement; fiberglass; specific strength; crack resistance; corrosion resistance; frost resistance; heat conductivity; graphene