

УДК 624.07

**ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И НАНОБЕТОНОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



**THE USE OF FIBER-REINFORCED POLYMER MATERIALS
AND NANOBETONS TO STRENGTHEN BUILDING STRUCTURES**

Мишко Эрик Камоевич

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
erik.mishko@mail.ru

Таран Юлия Владимировна

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
julia_taran12@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются специальные методы усиления строительных конструкций, с помощью фиброармированных полимерных материалов. Анализируются характеристики композитных материалов. Рассматриваются решения по обеспечению их совместной работы с усиливаемым элементом. Изучается внедрение нанотехнологий – новых строительных материалов с уникальными физикотехническими свойствами в строительство.

Ключевые слова: фиброармированные полимерные материалы, композитные материалы, нанобетон.

Mishko Erik Kamoevich

Bachelor,
Kuban State Technological University
erik.mishko@mail.ru

Taran Yulia Vladimirovna

Bachelor,
Kuban State Technological University
julia_taran12@mail.ru

Annotation. The article discusses special methods of strengthening building structures using fiber-reinforced polymer materials.

The characteristics of composite materials are analyzed. The solutions for ensuring their joint work with the reinforced element are considered. The introduction of nanotechnology-new building materials with unique physical and technical properties in construction is being studied.

Keywords: fiber-reinforced polymer materials, composite materials, nanocrete.

Применение фиброармированных полимерных материалов. В настоящее время вместе с традиционными методами усиления строительных конструкций все более широкое применение находят специальные методы, например усиление конструкций с помощью композитных материалов, изготовленных из высокопрочных волокон.

В качестве отверждающего полимера чаще всего применяют эпоксидные или полиакрилонитриловые смолы. Волокна в связующем материале могут быть произвольно расположенными или располагаться в одном направлении. Если волокна располагаются в одном направлении, то такой композиционный материал называют однонаправленным. При двухнаправленном расположении волокон материал называют двуосноармированным. В отдельный класс выделяют жесткие композиционные материалы, называемые ламинатами, которые состоят из нескольких однонаправленных слоев. Ориентация каждого слоя относительно предыдущего может изменяться. Разновидностью ламинатов являются гибриды, представляющие собой многослойные композиционные материалы, армированные волокнами различного типа. Наибольшее применение для усиления строительных конструкций получили композиционные материалы на основе углеродных волокон.

Композитные материалы характеризуются физико-механическими характеристиками высокой прочностью на растяжение и сжатие, близким к стали модулем упругости – до 640 ГПа, большим сопротивлением динамическим нагрузкам, не подвержены коррозии и стойки к химическим агентам (кислотным и щелочным). Обладают высокой степенью выносливости и усталостной прочностью, термической и реологической устойчивостью.

Усиление сжатых и внецентренно сжатых конструкций (колонны, простенки) осуществляется с помощью устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон перпендикулярно продольной оси усиливаемого элемента.

Усиление плитных конструкций производится наклейкой на нижнюю поверхность поперечных и продольных накладок ФАП с направлением волокон перпендикулярно друг другу.

Для усиления изгибаемых элементов (балок) наклейка ФАП производится на нижнюю поверхность ребра с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции или наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси.

Стоимость углеродных композитов превышает стоимость стальных усиливающих элементов, однако это компенсируется их уникальными свойствами и простотой в работе. Малая масса и плотность обеспечивают легкость транспортировки и обработки материала. Использование углеродных материалов не требует применения тяжелых вспомогательных приспособлений. Они способны легко повторять любые формы усиливаемой конструкции. Для этого достаточно лишь прижать их рукой или прикатать валиком и организовать временное крепление к поверхности усиливаемого элемента.

Высокие механические и технологические качества углеводородных материалов открывают широкие перспективы использования их при реконструкции зданий и сооружений с целью усиления и реставрации конструкций из бетона и железобетона. Этому способствуют разработанные в НИИЖБ в 2012 г. «Рекомендации по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных материалов».

Развитие нанотехнологий является актуальной темой, которая позволяет получить тот или иной материал с заранее заданной определенной структурой. Особенно широкое внедрение нанотехнологии нашли в строительстве при изготовлении новых строительных материалов с уникальными физико-техническими свойствами.

Нанобетоном считают такой материал, который содержит в своей структуре наночастицы размером от 1 до 100 нанометров. Наиболее широким наномодификатором для изготовления нанобетонов является микрокремнезем (МК), образующийся как побочный продукт при производстве ферросилиция, металлического кремния.

Для производства нанобетонов используются также фуллерены и фуллероиды. Фуллерены являются упрочнителями цементного камня, но из-за своей высокой стоимости в широкой практике не используются. Фуллероиды в виде одно-, и многослойных нанотрубок, более дешевые, чем фуллерены и применяются достаточно широко.

В результате исследований был разработан целый класс специализированных нанобетонов, включающих:

- легкие нанопенобетоны для индивидуального строительства и возведения легких перегородок в помещениях различного назначения;
- нанобетоны средней плотности, обладающие повышенной прочностью и другими качествами, делающими их перспективными для использования в строительстве мостов, дорожных и аэродромных покрытий и т.д.
- нанобетоны высокой и сверхвысокой прочности для лифтовых шахт, балок, ферм, других несущих конструкций в жилищном и промышленном строительстве. Исследованиями установлено, что механическая прочность нанобетонов в 1,5–2 раза выше прочности обычного бетона. Вес конструкции, выполненной из такого бетона, снижается в 6 раз. Его характеристики жаропрочности, морозо- и водостойкости также лучше, чем у обычного бетона. К преимуществам данного материала можно причислить способность сохранять цвета зданий или конструкций в течение длительного времени при условии агрессивного городского окружения. Упомянутые уникальные свойства нанобетонов высокой прочности позволяют изготавливать железобетонные конструкции меньшего сечения, снижать расход бетона и собственный вес конструктивных элементов. Установлено, что нанобетон может с успехом применяться при усилении старых железобетонных конструкций. При нанесении нанобетона на поверхность железобетонных конструкций происходит заполнение даже микропор в бетоне, в результате чего осуществляется процесс полимеризации и восстановление прочности бетона. Также, вновь образованное вещество вступает в реакцию с коррозионным слоем проржавевшей арматуры и восстанавливает ее сцепление с бетоном.

Посредством данной технологии был отремонтирован мост через реку Волга в 2007 году в г. Кимры и мост «Дружба» через Сайменский канал в г. Выборг в 2011 г. Выполнены работы при реставрации Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге для защитной его облицовки. Суперлегкие нанобетоны были использованы при восстановлении очистной станции в Новочеркасске и укреплении зданий, расположенных в сейсмоопасных зонах (Сочи). Выполнение работ по укреплению зданий производилось без предварительного расселения жильцов. Технология изготовления нанобетонов не требует нового технологического оборудования. Приготовление бетонной смеси осуществляется в стандартных смесителях, причем в начале (не менее 10 мин) цемент и составляющие нанобетона смешиваются «всухую», затем подаются вода, наполнители и различные добавки.

При усилении строительных конструкций нанобетон может наноситься на подготовленные бетонные поверхности методом торкретирования с помощью торкрет-пушки или бетонной смеси, нагнетаемой бетон-шприцмашиной. В отличие от торкрет-бетона смесь, наносимая набрызгом, помимо цементного раствора может содержать щебень крупностью до 25 мм.

Использование нанотехнологий способствует прогрессу в области создания новых строительных материалов и совершенствования уже имеющихся, повышению качества готовых изделий, увеличению прочности возводимых зданий, значительно увеличивая их эксплуатационную надежность.

Литература

1. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
2. Волков И.В. Фибробетон – состояние и перспективы применения в строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2004.
3. Леонова А.Н., Чагина А.С. сравнение особенностей u-образного анкерного крепления с другими видами креплений при усилении конструкций композитным материалом // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2021. – № 5. – С. 40–50.
4. Рабинович Ф.Н., Баев С.М. Эффективность применения полимерных фибр для дисперсного армирования бетона // Промышленное и гражданское строительство, 2009.
5. Леонова А.Н., Бибииков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 16–21.
6. Смоликов А.А. Бетон, армированный нановолокнами // Бетон и железобетон. – 2009. – № 4.
7. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.
8. Фаликман В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве: сегодня и завтра // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2009.
9. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.

References

1. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
2. Volkov I.V. Fiber-reinforced concrete – the state and prospects of application in building structures // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2004.
3. Leonova A.N., Chagina A.S. Comparison of the features of the u-shaped anchor fastening with other types of fastenings when strengthening structures with a composite material // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU». – 2021. – № 5. – P. 40–50.
4. Rabinovich F.N., Baev S.M. Efficiency of using polymer fibers for dispersed concrete reinforcement // Industrial and civil construction, 2009.

5. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of materials of the III International scientific-practical conference. – 2020. – P. 16–21.
6. Smolikov A.A. Concrete reinforced with nanofibers // Concrete and reinforced concrete. – 2009. – № 4.
7. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods for reinforcing floor slabs in the punching zone // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. — P. 339–344.
8. Falikman V.R. Nanomaterials and nanotechnologies in construction: today and tomorrow // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2009.
9. Leonova A.N., Akritov Kh.E. Strengthening of wooden structures with composite materials // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.