

## Инновационные методы армирования сборных конструкций из железобетона углеволоконными сетками

*А.В.Шилов*

*Ростовский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Рассматриваются актуальные проблемы армирования углеродными сетками для повышения надежности любых инженерных конструкций. Определяются перспективы разработок для нового строительства: углепластиковая арматура и фибробетоны. Системы внешнего армирования углеродным волокном предназначены для ремонта и усиления несущих конструкций зданий с целью устранения последствий разрушения бетона и коррозии арматуры в результате длительного воздействия природных факторов и агрессивных сред в процессе эксплуатации сооружений..

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, инновации в строительстве, углепластик

Армированные углеволокном материалы получили признание в гражданском строительстве в течение последних 20 лет. Наиболее распространенное использование углеволокна зарубежом - в восстановлении и усилении существующих объектов. Углепластиковые сетки являются привлекательным выбором для этих работ, так как это означает экономически эффективный, простой и быстрый монтаж, а также отсутствие существенного влияния на массу или геометрию структуры усиливаемого объекта.

Мы рассматриваем применение углеволокна с позиции оптимального инновационного решения, способного обеспечить экономическую эффективность работ при относительно небольших затратах и высокую надежность самой конструкции [1].

Технология армирования жбк-конструкций углеволокном была разработана еще в 1960-х годах в рамках космической программы США, но, в первую очередь, как чисто теоретическая разработка, не имеющая практического воплощения [2,3]. Тем не менее, эта технология не была забыта, она совершенствовалась и реализовалась в 1990-х годах в строительстве спортивных сооружений в Лос-Анжелесе, Чикаго и других городах. В настоящее время, эта технология остается инновационной, но по

---

ней уже наработан определенный технологический и конструкционный опыт [4,5].

Использование углеволокна в качестве арматуры или предварительного натяженной нити в строительстве до сих пор было ноу-хау любой стройки. Однако последние достижения в области железобетонной промышленности позволили получить более широкое распространение этой технологии.

Использование углеволокна для армирования в сборных железобетонных конструкциях эффективно в различных «полевых» условиях[6]. Например, армирование углеволокном мостовых конструкций обеспечило высокую грузоподъемность мосту в Калгари, при относительно небольшом весе и размере самих мостовых конструкций. Оказалось, что экономия затрат на расходе материалов при изготовлении и техническом обеспечении монтажа более легких, но прочных конструкций составило до 15% стоимости, в сравнении с существующими стандартными конструкциями.

Несмотря на тщательные наблюдения, до сих пор ( т.е. в течение 20 лет с момента ввода в эксплуатацию) мостовые конструкции этого объекта не продемонстрировали заметных признаков деградации[7]. В 2005 году на мосту произошла техногенная авария, сопровождавшаяся взрывом, значительным динамическим ударом с последующим воздействием высоких температур[8]. Но и в этом случае никаких заметных повреждений конструкции моста не получили, что доказывает их достаточную прочность и надежность.

Углеволоконные материалы изготавливаются в различных формах, включая листы, пластины, арматурные стержни и сетки. Они подходят для армирования железобетонных конструкций практически любого профиля, при этом, нет необходимости проводить переналаживание самого

---

производства, поскольку их параметрические характеристики отвечают существующим стандартам производства[9].

В зарубежной практике присутствует тенденция к уменьшению диаметра стержня, поскольку было отмечена тенденция к снижению их общей эффективности из-за запаздывания сдвига, необходимого для активации всех волокон в поперечном сечении. Поэтому нити малого диаметра, используются в конфигурации сетки, которые используют волокна более эффективно[10]. В последние несколько лет, углепластиковая сетка малого диаметра была эффективно использована в качестве арматуры для верхнего фланца сборных двойных тройников, которые обычно используется для строительства автопарковок. Фланец сборной секции часто подвергается проникновению хлоридов, которые вызывают коррозию внутренней стальной арматуры. Углепластиковая сетка неподвержена этому типу коррозии и решает проблему надежности конструкции.

Процесс изготовления конструкций с углепластиком включает в себя:

- размещение и натяжением арматуры;
- формирование сетки в отливке;
- укладывание смеси в форму (как в съемную, так и несъемную форму);
- опрессовка смеси, если это предусмотрено технологией, хотя возможно использование и самоосаждающихся смесей, не требующих опрессовки.

Получаемое изделие неоднократно испытывалось специалистами в различных институтах США и стран Западной Европы. Всякий раз получаемые результаты оказывались выше ожидаемого.

В Японии разработана концепция использования армированных углеволокном сэндвич-панелей, применяемых при строительстве зданий в

---

условиях повышенной сейсмоактивности. Экспериментальные постройки испытывались нагрузками, колебаниями и, наконец, подрывом инженерных зарядов мощности, эквивалентной динамическому удару стихии, характерной для землетрясений этого региона. Отмеченная степень разрушений была значительно ниже других традиционно используемых материалов. Что подтвердило пригодность изделий к эксплуатации в особых условиях.

В настоящее время в России постиндустриальное развитие общества требует поиска новых опорных моментов в развитии экономики страны и строительной отрасли. Правительством взят курс на повышение инновационности и технологический рывок в индустрии. Поэтому, на наш взгляд, внедрение этой инновации в производство строительных материалов, в частности железобетонных конструкций, позволит решить ряд принципиальных проблем. Самое важное, что в нашей стране существует необходимая технологическая база.

Производство углепластика в России развернуто на ряде предприятий, например, на предприятиях екатеринбургской компании «Композит» и других предприятиях отрасли. Железобетонные конструкции производятся на множестве предприятий отрасли. Проведенный нами анализ затрат на производство армированных изделий показал, что при соблюдении технологических нормативов и характеристик наблюдается некоторое удорожание производства наиболее распространенной номенклатуры готовых конструкций и не изменяется стоимость изготовления литых изделий на объекте при литье в разборную опалубку. Вариант литья изделий на объекте предполагает некоторое удорожание самих подготовительных работ, связанных со спецификой монтажа углепластиковой арматуры, в частности привлечения специально обученного персонала, тогда как стоимость смесей и процедура отливки остается на базовом уровне. Однако,

---



как показывают расчеты, такое удорожание связано, прежде всего, с мелкосерийностью производства, спецзаказом и компенсацией возможного коммерческого риска для подрядчика. При широкой организации таких работ, возникновении постоянного спроса на изделия прогнозируемая стоимость заказа снижается в существенных пределах. При этом прибыль предприятий-изготовителей возрастает, поскольку происходит расширение сферы употребления существующей номенклатуры изделий, ввиду повышения их возможностей и отсутствия необходимости развивать производство специальных конструкций. Интенсифицируется, также, производство высокотехнологичного углепластика, что благотворно сказывается и на этой смежной отрасли.

Очевидная выгода от инвестирования в эту инновационную область значительно превышает вероятный коммерческий риск, что подтверждается опытом производства и применения в США и интересом, который проявляют к этой инновации в других странах.

### Литература

1. Macdonald M.N., O'regan J. P. The Ethics of Intercultural Communication //Educational Philosophy and Theory. 2013.№ 45 (10) PP:1005-1017.
2. Костюченко В.В. Системотехническая методология организации процессов строительного производства // Инженерный вестник Дона, 2012. № 1. - URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/734](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/734)
3. Бутенко Е.А. Организация городского строительства. Волгоград : ВолгГАСУ, 2015 – 170 с.
4. Петренко Л.К., Оганезян А.А. Актуальные проблемы организации проектирования // Технические науки — от теории к практике / Сб. ст. по материалам XLVI междунар. науч.-практ. конф. № 5 (42). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. С.63-67.



5. Ключникова О.В. Роль стратегического управления по совместному производству работ для инженерной инфраструктуры // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 5. URL: [naukovedenie.ru/PDF/18trgsu513.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/18trgsu513.pdf)

6. Ключникова О.В., Костюченко В.В., Побегайлова Е. В. Управление организацией от психологических составляющих до ее структурирования: учеб.пособие. Ростов н/Д: РГСУ, 2014. 92 с.

7. Побегайлов О.А., Воронин А.А. Ключевая составляющая системы управления персоналом // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1778](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1778)

8. Horizontal and Vertical structures: The dynamics of organization in higher education. Keeling, Richard P.; Underhile, Ric; Wall, Andrew F. Liberal Education, v 93 n 4. pp. 22-31 Fall 2007.

9. Шилов А.В., Манжилевская С.Е., Швецов В.В. Принцип системности моделирования//Наука вчера, сегодня, завтра. 2016. № 2-2 (24). С. 70-75.

10. Манжилевская С.Е., Евлоева И.А. Система и модели организационного инжиниринга// Технические науки - от теории к практике. 2015. № 46. С. 57-63.

### References

1. Macdonald M.N., O'regan J. P. Educational Philosophy and Theory. 2013. № 45 (10) pp.1005-1017.

2. Kostjuchenko V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012. № 1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/734](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/734)

3. Butenko E.A. Organizacija gorodskogo stroitel'stva [The organization of urban construction]. Volgograd: VolgGASU, 2015. 170 p.



4. Petrenko L.K., Oganezjan A.A. Tehnicheskie nauki — ot teorii k praktike / Sb. st. po materialam XLVI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. № 5 (42). Novosibirsk: Izd. «SibAK», 2015. pp.63-67.
5. Ključnikova O.V. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2013. № 5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/18trgsu513.pdf>
6. Ključnikova O.V., Kostjuchenko V.V., Pobegajlova E. V. Upravlenie organizaciej ot psihologičeskikh sostavljajushhih do ee strukturirovanija: ucheb.posobie [Organization Management from psychological components to the structuring]. Rostov n/D: RGSU, 2014. 92 p.
7. Pobegajlov O.A., Voronin A.A Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2013. № 3. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1778>
8. Horizontal and Vertical structures: The dynamics of organization in higher education. Keeling, Richard P.; Underhile, Ric; Wall, Andrew F. Liberal Education, v 93 n 4 pp. 22-31 Fall 2007.
9. Shilov A.V., Manzhilevskaja S.E., Shvecov V.V. Nauka vchera, segodnja, zavtra. 2016. № 2-2 (24). pp. 70-75.
10. Manzhilevskaja S.E., Evloeveva I.A. Tehnicheskie nauki - ot teorii k praktike. 2015. № 46. pp. 57-63.