

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

*Типтев Данила Николаевич, магистрант*

*базовой кафедры АО «Мостострой – 11»*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*(Научный руководитель – Овчинников И.И. – канд. техн. наук, доцент)*

**Аннотация.** Коррозия стальной арматуры в железобетонных конструкциях является распространённой причиной разрушения железобетонных мостовых сооружений. В статье рассматривается возможный способ решения данной проблемы – использование при строительстве мостовых сооружений композитной арматуры.

**Ключевые слова:** композитная арматура, стеклопластиковая арматура, железобетон, мост, мостовое сооружение, долговечность, коррозия, защита от коррозии.

На данный момент использование современных инновационных коррозионностойких материалов в отношении железобетонных конструкций, ведет к увеличению денежных затрат, а эффективность использования этих материалов проявляется лишь со временем, уже в процессе эксплуатации – затраты на эксплуатацию уменьшаются, а срок службы сооружений возрастает. Сравнение затрат при строительстве с использованием более долговечных, коррозионностойких, но более дорогих материалов, или применение дополнительных мер защиты конструкций от коррозии приводит к следующему тезису: дополнительные затраты при применении стойких к коррозии материалов со временем компенсируются, и после определенного времени переходят в экономию. Установленное на сегодня законодательными документами сравнение стоимости проектов строительства, исходя только лишь из затрат на строительные работы (без учета затрат на дальнейшую эксплуатацию) является некорректным.

Поэтому из множества способов защиты железобетонных сооружений от коррозии наиболее перспективным является замена стальной арматуры на ее современные композитные аналоги. (Рис. 1). При первоначально равной стоимости металла и композита (учитывая прочностные характеристики и объемный вес материала), жизненный цикл последнего значительно дольше.

Композитная арматура не подвергается коррозии и, следовательно, не требует мер дополнительной защиты, уменьшая объем расходов на эксплуатацию сооружения.

Хотя композитная арматура была представлена еще в 1970-х годах, но ее применение долгое время сдерживалось в связи с высокой стоимостью. Сейчас технология производства композитной арматуры требует гораздо меньших затрат, и стоимость такой арматуры значительно снизилась, что способствует ее внедрению в разные сферы строительной отрасли.



Рисунок 1 – Композитная арматура

Таким образом, при армировании бетонных конструкций современных мостовых сооружений более эффективно использовать полимерные композиционные материалы, которые в сравнении со сталью обладают гораздо большей коррозионной стойкостью.

Композитная арматура в соответствии с ГОСТ 31938-2012 подразделяется на:

- *стеклокомпозитную (АСК)* – изготавливаемую в результате смешивания стекловолокна и специальных смол;
- *базальтокомпозитную (АБК)* – из волокон базальта, в качестве связующего используются органические смолы;
- *углекомпозитную (АУК)* – из переплетенных нитей углеродного волокна;
- *арамидокомпозитную (ААК)* – из полиамидных волокон, которые по своему составу напоминают нейлон;
- *композитную комбинированную (АКК)* – представляющую собой стержни из стекловолокна, с внешней намоткой из базальтопластика.

В зависимости от вида композитная арматура должна обладать следующими минимальными характеристиками (Табл. 1):

Таблица 1 – Характеристики арматуры

| Характеристика                             | АСК | АБК | АУК  | ААК  | АКК  |
|--|-----|-----|------|------|------|
| Предел прочности на растяжение, МПа        | 800 | 800 | 1400 | 1000 | 1000 |
| Предел прочности при сжатии, МПа           | 300 | 300 | 300  | 300  | 300  |
| Модуль упругости при растяжении, ГПа       | 50  | 50  | 130  | 70   | 100  |
| Предел прочности при поперечном срезе, МПа | 150 | 150 | 350  | 190  | 190  |

Помимо отличных прочностных показаний композитная арматура имеет следующий ряд положительных свойств:

- относительное удлинение при растяжении – 2,2% (у стальной арматуры класса А-III (А400) – 14%)
- плотность – 1,9 т/м<sup>3</sup>, (плотности стали – 7,8 т/м<sup>3</sup>);
- очень низкая теплопроводность – 0,48 Вт/мК (на два порядка меньше чем у арматурной стали – 47 Вт/мК);
- коррозионная стойкость к агрессивным средам (1 группа стойкости к воздействию опасных веществ согласно с ГОСТом 9.071-76).

Но стоит также обозначить и недостатки композитной арматуры, ограничивающие ее применение:

- относительно низкий модуль упругости;
- несвариваемость;
- изготовление гнутых стержней возможно только при производстве;
- трудность в сооружении жесткого арматурного каркаса;

Также к факторам, ограничивающим широкое применение композитной арматуры в строительстве, относятся: отсутствие достаточного опыта ее применения и информации о старении и поведении этого материала в долгосрочной перспективе, отсутствие на сегодняшний день объемной нормативно-технической базы о применении композитных материалов в строительстве, регламентирующей методы их расчета.

Хотя зарубежный опыт использования стеклопластиковой арматуры в самых сложных объектах насчитывает не менее 40 лет, но вот достаточного отечественного опыта еще не наработано, тем не менее, композитная арматура со временем становится все более популярной. В тоже время появление новой нормативной литературы в данной сфере прогнозирует ближайшее время рост использования композитной арматуры во многих отраслях строительства, в том числе и в строительстве транспортных объектов. В 2014 году был принят по композитной арматуре с периодическим профилем, а с 01.01.2015 вступили в действия стандарты по определению эксплуатационных характеристик композитной арматуры: долговечности (ГОСТ 32486-2013), стойкости к агрессивным средам (ГОСТ 32487-2013) и физико-механических свойств (ГОСТ 32492-2013).

Но Россия отстает от Америки, Европы и Японии в использовании новых композитных строительных материалов примерно на 10 лет. США уже с 2004 года начали вводить нормативные документы по применению и расчету композитной арматуры, а Япония выпустила соответствующие рекомендации еще раньше – в 1997 году.

Вопросы эффективного применения композитной арматуры освещены в статьях [1, 2]. Содержательный материал по вопросу применения новых прогрессивных конструкций, изготовленных с участием композитных полимерных материалов, изложен в журнале [3]. Ведущее положение в мире в этой области занимают: США, Швейцария, Дания, Великобритания, Япония и Канада.

Особый интерес представляет опыт Канады, где удорожание строительства, связанное с применением современных композитных материалов, компенсируется производителями и правительством. С 1995 года в Канаде под эгидой федерального правительства функционирует центр Intellegent Sensing for Innovative Structures (ISIS), объединяющий 13 университетов, 25 ведущих проектантов и 276 исследователей, и взаимодействующий с 92 организациями [4].

Особенности климата Канады способствуют быстрому разрушению железобетонных конструкций от коррозии, что и привлекло большое внимание к неметаллической арматуре, и со временем использование композитных материалов при проектировании и строительстве мостовых сооружений было закреплено на государственном уровне. На сегодня в США и Канаде построено уже более 400 мостов с применением стеклопластиковой арматуры [4,5].

Вот один из примеров. В 2006 году в Канаде, в округе Манитоба, был построен мост через реку «Red River Floodway» с 16-ью пролетами размерами 15,3 м на 43,5 м. Все бетонные элементы над балками усилены стержнями из стеклопластика. На проект ушло 140 614 кг арматуры из стеклопластика, что сделало его на то время крупнейшим в мире мостом из неметаллического железобетона. (Рис. 2).

Похожее сооружение – законченный в 2010 году мост «18th Street Bridge» через реку «Assiniboine River» в Брендоне, штат Манитоба, Канада. Полотно моста также усилено композитной арматурой.



Рисунок 2 – Строительство моста через реку Red River Floodway

Еще один проект с применением композитной арматуры выполнен в США в аэропорту Майами, при строительстве четырехкилометровой железнодорожной эстакады «Miami-Dade Metro Rail» для перевозки пассажиров и грузов из аэропорта в центр города. (Рис. 3).



Рисунок 3 – Miami-Dade MetroRail, стеклопластиковая арматура перед укладкой бетона и готовое полотно

При строительстве был использован новый на тот момент тип композитной арматуры – «Hollow Rebar» или «полая композитная арматура». Эта арматура имеет вид трубы с толстыми стенками, что позволяет при сохранении веса и расхода материалов улучшить прочностные и эксплуатационные характеристики. Использование композитной арматуры обеспечит долговечность мостового полотна, а также увеличит срок службы рельсовой системы и снизит затраты на обслуживание и ремонт.

В России опыт использования композитной арматуры при строительстве мостов также существует. Разработки темы велись кафедрой Хабаровского политехнического университета еще с 1975 года и именно в Хабаровске были сданы в эксплуатацию первые объекты с применением стеклопластиковой арматуры, однако популярности данное направление не возымело. Сегодня в век инноваций и новых материалов неметаллическая арматура требует пристального внимания, изучения и внедрения во многие сферы строительства, что принесет ощутимый экономический эффект.

### **Заключение**

Коррозия стальной арматуры в бетоне является опасным и крайне нежелательным явлением. Применение композитной арматуры взамен стальной поможет решить данную проблему. Использование полимерных композитных материалов при строительстве транспортных сооружений позволит добиться повышения их долговечности и увеличения безремонтного срока службы. Несмотря на то, что популярность полимерных композитных материалов в строительстве постепенно растет, полному их внедрению в отрасль препятствует малый опыт эксплуатации сооружений построенных с их применением, а также отсутствие новых методов для их расчета, утвержденных нормативными документами и подкрепленных экспериментально.

### **Литература:**

1. Ладыгин Ю.И., Луговой А.Н., Савин В.Ф. Проблемы применения стеклопластиковых стержней в различных отраслях народного хозяйства // Проблемы качества в строительстве. Материалы IV Всероссийской конференции 1–3 июля 2003 г. – Новосибирск: Изд. СГУПС, 2003. – С. 90-96.
2. Устинов В.П. Область эффективного применения стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры в строительстве // Реконструкция и совершенствование несущих элементов зданий и сооружений транспорта. Сборник научных трудов. – Новосибирск: Изд. СГУПС, 2005. – С. 50-56.
3. Опыт использования композитных полимерных материалов в мостостроении / Под ред. Ю.М. Митрофанова // Мостостроение мира. – 2000. – № 2. – С. 3-48.
4. Бернацкий А.Ф., Казарновский В.С., Петров М.Г., Устинов В.П., Устинов Б.В. Применение композитных полимерных материалов в строительных конструкциях и мостах в Сибири // Журнал «Транспорт Российской Федерации» № 5–2006. – С. 45-48.
5. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 3. Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том7, № 5 (2015). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN515.pdf>. (дата обращения: 01.12.2020).