

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

**В настоящее время все больше изделий из композитных материалов находят применение в конструкциях искусственных сооружений на автомобильных дорогах. К их числу относятся перильные ограждения на мостовых сооружениях, водоотводные лотки, столбы для размещения осветительных приборов и километровых указателей. Значительно реже применяются композитные материалы для изготовления пролетных строений и лестничных сходов.**

## Преимущества и недостатки

Основными преимуществами конструкций из композитных материалов являются высокая прочность, легкий вес, отсутствие необходимости в нанесении защитных покрытий в процессе эксплуатации. К недостаткам следует отнести низкий модуль упругости, высокую начальную стоимость. Кроме того, отсутствуют подтвержденные данные по долговечности и широкой практике применения конструкций из композитных материалов.

Полимерно-композитная арматура (далее – композитная арматура), как и металлическая арматура, не является самостоятельным конструктивным элементом. Арматурные стержни – часть армированных бетонных конструкций, поэтому требования к свойствам арматуры определяются, прежде всего, исходя из ее совместной работы с бетоном. Работа армированной бетонной конструкции под воздействием статических и динамических нагрузок – сложно моделируемый процесс, и даже в теории железобетона немало «белых пятен».

Высокий уровень предложения на рынке обусловлен относительной доступностью и простотой изготовления композитной арматуры: малогабаритное оборудование, автоматизированный процесс, низкие энергозатраты. Такая ситуация в условиях неотработанных методик контроля производства и отсутствия независимых испытательных центров оборачивается наличием на рынке существенной доли низкокачественной продукции.

Спрос, точнее – потенциальный интерес заказчиков-застройщиков, обусловлен свойствами композитной

арматуры, которые в сопоставлении с металлическими аналогами выглядят весьма привлекательно. Ниже приведен один из вариантов предложения на сайте производителя композитной арматуры (см. табл. 1).

Следует отметить, что производитель не искажает информацию в подобных предложениях, пытаясь убедить потенциальных потребителей в том, что композитная арматура прочнее, легче, не подвержена коррозии и стоит почти столько же, сколько и металлическая.

Но посмотрим поближе на заявленные свойства. Проектировщики знают, что высокая прочность арматуры не может быть реализована в армированных бетонных конструкциях. Так, в рационально запроектированных изгибаемых элементах трещины в бетоне появляются при весьма низких уровнях напряжений в арматуре. При увеличении нагрузки до расчетных величин, когда значения напряжений в арматуре приближаются к пределу ее прочности, трещины распространяются почти на всю длину элемента и на всю высоту сечения, достигают раскрытия в несколько миллиметров, в результате чего конструкция сильно и необратимо деформируется. Таким образом, установка арматуры повышенной прочности

не имеет смысла. Это подтверждается многолетней практикой проектирования железобетонных конструкций: так, высокопрочная арматура классов Ат-IV, Ат-V, Ат-VI с пределом прочности 465–745 МПа, В-II – 865–1180 МПа (по СНиП 2.05.03-84\* «Мосты и трубы») не применяется в конструкциях с обычным армированием (без предварительного напряжения).

Из табл. 1 видно, что модуль упругости композитной арматуры ниже металлической в 3...5 раз. Далекий от понимания работы конструкций потребитель вообще не обращает внимания на этот малопонятный показатель. В то же время проектировщик обоснованно может предположить, что для изгибаемых элементов с композитной арматурой момент трещинообразования существенно меньше, а деформативность – выше, чем аналогичный показатель для таких же конструкций с металлической арматурой.

Далее в табл. 1 указано, что композитная арматура не корродирует, как металлическая. Это основное преимущество композитной арматуры. Отметим, что коррозия металлической арматуры в бетонных элементах (с последующим разрушением бетона продуктами коррозии) начинается не ранее чем через 10–20 лет, в зависимости от конструкции и условий эксплуатации. Следовательно, положительный экономический эффект применения композитной арматуры формируется за счет более длительного срока службы.

Из табл. 1 следует, что начальная стоимость арматурного стержня из компо-

Показатели	Арматура композитная полимерная	Арматура металлическая
Предел прочности при растяжении (нормативн. зн.), МПа	800–1400	240–500
Модуль упругости, МПа	$(0,50–0,13) \cdot 10^5$	$(1,7–2,1) \cdot 10^5$
Коррозионная стойкость	Не подвержена	Подвержена
Стоимость, руб./пог. м (диаметр 10 мм) (условно, по состоянию на 2014 год)	23	20

Таблица 1

зитного материала и металла не сильно отличаются. Вместе с тем, как показано выше, малый модуль упругости указывает на необходимость увеличения расхода арматуры и/или изменение размеров сечения бетонной конструкции при переходе с металлической арматуры на композитную.

Но проектировщику не на что опереться ни при пересчете конструкций, ни при прямом (с нуля) проектировании бетонных конструкций с композитной арматурой. Отсутствует не только соответствующий свод правил: в России нет утвержденной методики расчетов; достаточного массива надлежащим образом задокументированных результатов экспериментов; объектов опытного проектирования со всей расчетно-конструкторской, проектной, исполнительной документацией и результатами мониторинга.

#### Рабочая группа

В октябре 2013 года по инициативе ООО «Автодор-Инжиниринг» в Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (далее – ГК «Автодор») состоялась встреча с ведущими производителями композитной арматуры. По итогам встречи в марте 2014 года создана Рабочая группа по применению композитной арматуры при строительстве автомобильных дорог и мостов под председательством первого заместителя председателя правления по технической политике ГК «Автодор» И.А. Урманова.

Цель создания Рабочей группы – содействие формированию нормативной базы, разработка и реализация Плана внедрения композитной арматуры на объектах строительства и реконструкции ГК «Автодор». Деятельность Рабочей группы соответствует основным положениям программного документа «Развитие отрасли производства композитных материалов», приведенным в Распоряжении Правительства Российской Федерации от 24 июля 2013 года №1307-р.

В состав Рабочей группы вошли представители ГК «Автодор», Росавтодора, ООО «Автодор-Инжиниринг», Союза производителей композитных материалов, организаций-производителей арматуры, исследовательских и проектных институтов (ООО «Сервис-Мост»,

ФБГОУ «МГСУ», ОАО «ЦНИИС», НИИЖБ, ОАО «Союздорпроект», ЗАО «Институт Стройпроект» и другие), подрядных организаций (ОАО «Мостотрест») – всего более 30 организаций.

В январе 2015 года утверждена Программа деятельности Рабочей группы. Основой Программы является план исследований и разработок, реализация которого позволит создать массив опытно-экспериментальных данных и разработать методики расчета и правила конструирования, необходимые для формирования нормативной базы по применению дорожно-мостовых конструкций из бетона с композитной арматурой.

Реализация Программы Рабочей группы в полном объеме требует значительных финансовых вложений. Поэтому в рамках подготовительных работ по ее реализации была проведена оценка возможного объема потребления арматуры в конструкциях автомобильных дорог и мостов.

С целью определения возможной потребности в композитной арматуре при строительстве автомобильных дорог ООО «Автодор-Инжиниринг» при участии ООО «Сервис-МОСТ» в период с октября 2014 года по апрель 2015 года выполнил по заказу ОАО «Тверь-

стеклопластик» работу по анализу фактического армирования конструкций. Анализ проведен на основе проектной документации объекта по титулу: «Строительство скоростной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург на участке км 58 – км 684 (с последующей эксплуатацией на платной основе), 6 этап км 334 – км 543».

Объект в числах:

- Протяженность: 217,15 км
  - Мостов и путепроводов – 107 протяженностью 8202 м
  - Водопропускных труб – 311 общей длиной 11 230 м
  - Шумозащитных экранов – 14 000 м
- Характеристики объекта:
- Техническая категория – 1А
  - Расчетная скорость – 150 км/час
  - Количество полос – 4
  - Нормативные нагрузки для искусственных сооружений – А14 и Н14
  - Габарит Г – 11,0 м (1,0+2×3,75+2,5 м) для движения в каждом направлении.

#### Основные результаты работы

Прежде всего, был получен фактический расход металлической арматуры, в том числе в виде процентов армирования всех железобетонных элементов искусственных сооружений по данному объекту. Расход арматуры на основные искусственные сооружения приведен в табл. 2.

Наименование сооружений	Расход металлической арматуры, т/км			
	Ненапрягаемая			Напрягаемая
	A-I	A-III	Bp-I	
Мосты и путепроводы	17,56	109,06	0,59	12,36
	139,6			
Водопропускные трубы	1,45	3,39	–	–
	4,84			
Шумозащитные экраны (опоры и фундаменты)	0,55	4,55	–	–
	5,10			
Электрические сети (опоры и фундаменты)	0,04	2,14	0,17	–
	2,35			
<b>ВСЕГО на 1 км дороги</b>	19,60	119,14	0,76	12,36
	<b>151,9</b>			

Таблица 2

Очевидно, что состав и объем обосновывающих исследований для применения композитной арматуры сильно отличаются для отдельных элементов указанных сооружений. Для обоснования выбора конструкций для первоочередного применения композитной арматуры были определены следующие критерии:

1. Уровень нагружения конструкции и степень влияния циклического характера нагружения (от малых статических нагрузок к более сложным).
2. Использование при армировании небольших диаметров арматуры (лучшее сцепление, большая однородность свойств, гибкость в составлении конструктивных схем).
3. Характер опалубочных форм конструкций (простота форм, малые нагрузки при распалубивании).
4. Последствия возможных отказов, связанных с применением композитной арматуры (от неответственных и открытых для мониторинга конструкций к более сложным).

По итогам анализа были определены категории конструкций для первоочередного применения композитной арматуры, а также ориентировочно подсчитан обобщенный удельный расход металлической арматуры в указанных конструкциях на 1 км дороги (см. табл. 3).

Согласно официальным данным Росавтодора, в 2013 году было построено и реконструировано 486 км, а в 2014 году – 580 км федеральных автомобильных дорог. Таким образом, при темпе строительства 500 км в год возможное минимальное потребление металлической арматуры по категориям конструкций А1 и А2 может составить  $0,55 \times 500 = 275$  и  $5,5 \times 500 = 2750$  тонн в год соответственно. Кроме того, для конструкций из указанных групп существуют аналоги, близкие по принципам работы под нагрузкой и схемам армирования в отрасли промышленно-гражданского строительства.

### Перспективы

Расход композитной арматуры для указанных категорий конструкций будет зависеть от фактических процентов армирования, величины предполагается определить в ходе исследований, описанных в Программе деятельности Рабочей группы. Рыночная потребность в указанных конструкциях с композитной арматурой будет определяться качеством исследовательских и проектных работ, которые в полной мере выявят преимущества конструкций с композитной арматурой и позволят новым конструкциям занять максимально возможную долю рынка.

Разработка обобщенных методик расчета и норм проектирования только для конструкций категорий А1 и А2 с композитной арматурой существенно менее затратна, чем для всей номенклатуры бетонных конструкций, однако на выполнение и этой работы необходим большой объем финансирования. Поэтому в настоящее время ООО «Автодор-Инжиниринг» рассматривает следующую схему по организации внедрения композитной арматуры при строительстве и реконструкции объектов на автомобильных дорогах ГК «Автодор».

Производитель арматуры финансирует разработку своего стандарта организации на одну или несколько конструкций из категорий А1 и А2. ООО «Автодор-Инжиниринг», в соответствии с Программой Рабочей группы, организует проведение необходимых исследований, пробное применение, опытное проектирование конструкций на автомобильных дорогах ГК «Автодор»; разработку, рассмотрение и согласование стандарта организации в установленном порядке. Приоритетное применение изделий с композитной арматурой по утвержденным стандартам организаций осуществляется в соответствии с «Перечнем современных технологий для внесения в технические задания на проектирование строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» и искусственных сооружений на них» (Распоряжения от 16.03.2011 № ИУ-5-р, от 29.05.2014 № ПТ-48-р).

Предложенный алгоритм внедрения конструкций категорий А1 и А2 с композитной арматурой позволяет осуществить: пробное применение конструкции в течение пяти месяцев, опытное проектирование и применение в течение 10–12 месяцев, разработку стандарта организации – в течение 12–20 месяцев с момента начала работ. При этом стоимость разработки стандарта организации зависит как от сложности конструкции, так и от количества заказов на их разработку: исследования для некоторых типов конструкций идентичны.

**А.В. Анисимов**, канд. техн. наук, начальник отдела диагностики мостов, ООО «Автодор-Инжиниринг»

Категория	Описание категории	Конструкции	Расход металлической арматуры (т/км)
А1	Конструкции для первоочередного опытного применения	– плиты укрепления конусов и откосов – конструкции лестничных сходов – откосные стенки труб и др.	от 0,55
А2	Конструкции для опытного применения (с учетом результатов опытного применения Категории А)	– конструкции звеньев труб – упорный брус крепления откосов – ростверки шумозащитных экранов и др.	от 5,5
Б	Конструкции, потенциально пригодные	<i>Подлежит описанию по результатам опытного применения конструкций категорий А1 и А2</i>	<i>Уточняется по результатам работы с конструкциями категорий А1 и А2</i>

Таблица 3