

Албаев Артем Юрьевич, аспирант,
ФГБОУ ВО "Вятский государственный университет

Тюкалов Юрий Яковлевич,
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО "Вятский государственный университет

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И НЫНЕШНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

Аннотация. В статье дается общее представление о полимерных композитных материалах для армирования бетонных конструкций, приводятся основные преимущества. Освещается отечественный и зарубежный опыт применения композитной арматуры, показывающий, не смотря на передовые разработки советских ученых на начальных этапах становления композитной арматуры, неопределенность материала на текущее время в отечественной строительной отрасли.

Ключевые слова: Композитная арматура, стеклопластиковая арматура, коррозионная активность

1. Введение

Железобетон по праву является самым распространенным материалом в строительстве, что диктуется его сравнительной дешевизной, долговечностью и большой несущей способностью. В свою очередь, долговечность железобетонных конструкций – сложный комплексный показатель, на который влияет большое число факторов: внутренние процессы в бетоне и арматуре, условия эксплуатации конструкции, характер окружающей среды, качество строительных работ, принятые защитные слои арматурных стержней. В большинстве случаев коррозия арматуры является основным фактором, снижающим срок службы железобетонных конструкций.

С развитием транспортных сооружений, в особенности мостостроения, на практике выяснилось, что используемая металлическая арматура в условиях коррозионно-агрессивной среды вопреки действующему в то время заблуждению, что железобетон крайне долговечный материал, начинала быстро разрушаться под воздействием коррозионных процессов. Это в свою очередь требовало высокочрезвычайно и трудоемкого капитального ремонта, реконструкции, а иногда и полной замены элементов большепролетных сооружений мостов.

В результате протекания процесса коррозии стальной арматуры происходит образование продуктов реакции, которые в 2–6 раз превышают объем материала до начала коррозии, в бетоне возникают внутренние нормальные и касательные напряжения, происходит разрушение и отслоение защитного слоя. Как результат арматура находится в прямом контакте с внешней средой, что сильно увеличивает скорость протекания коррозионных процессов и способствует уменьшению расчетного сечения арматурного стержня уменьшая тем самым несущую способность конструкции.

Методы противодействию коррозионной активности стальной арматуры железобетонных конструкций зачастую применяются в необходимых минимально требуемых объемах согласно действующим строительным нормам, но установленные на сегодняшний день законодательными документами критерии оценки стоимости объектов строительства учитывают только затраты на строительные работы и зачастую не подразумевают дополнительные большие затраты на современные коррозионностойкие материалы.

В ряде случаев, композитная арматура может выступать в качестве альтернативного материала для замены стальной арматуры в строительстве. При использовании в железобетонных



конструкциях, она может обеспечить высокую прочность, а также коррозионную стойкость относительно кислых и соляных сред по сравнению со стальной арматурой.

Композитная арматура представляет собой стержни из стеклянных, базальтовых или арамидных волокон, пропитанных полимерным связующим, подвергаемых дальнейшему отверждению.

2. История развития композитной арматуры

Возможность получения бетонных конструкций с неметаллической арматурой издавна интересовала ученых и инженерно-технических работников, поэтому идея применения стеклянного волокна в армировании, сформулированная советским ученым А.К. Бурсовым в 1941 г. привлекла большое количество исследователей.

В СССР первые эксперименты с композитными материалами начали проводиться в 1960-х годах, когда исследовались возможности использования стекловолокна и полиэфирных смол для армирования бетона. Основные цели заключались в повышении прочности и долговечности строительных конструкций. Достигнутые успехи в разработке полимерной арматуры в СССР являются результатами исследований А.А. Гвоздева, К.В. Михайлова, Н.П. Фролова. Авторами разработана технология изготовления стеклопластиковой арматуры методом пултрузии, исследованы разного вида полимеры для производства стеклопластиковой арматуры, изучено влияние агрессивных сред на стеклянные волокна.

Углеволокно становится новаторским материалом для строительства. Появление технологий, позволяющих производить более прочные и легкие композиты, позволило создавать конструкции, которые выдерживают большие нагрузки при меньшем весе. Использование углеволокна в мостах и крупных сооружениях показало, что это не только экономично, но и увеличивает надежность. Разработка эффективных методов склеивания и соединения волокон способствовала росту популярности.

Впервые в мире в 1975 г. было сконструировано и введено в эксплуатацию дерево-железобетонное пролетное строение моста с преднапряженными балками из клееной древесины с армированием композитными стержнями. Разработкой занималась кафедра «Мосты и тоннели» Хабаровского политехнического института. Каждая из шести балок сечением 20×61 см из древесины ели была преднапряжена четырьмя пучками стеклопластиковой арматуры по четыре стержня диаметром 6 мм. Балки объединены с железобетонной плитой проезжей части марки 300.

Для уменьшения скалывающих напряжений в балках опытного моста пучки стеклопластиковой арматуры были рассредоточены и размещены в криволинейных пазах на оппорных участках балок. Это позволило снизить концентрацию усилий от передачи предварительного напряжения, уменьшить вероятность появления трещин, а также повысить несущую способность балок по поперечной силе на участках наклонного расположения пучков. Кроме того, удалось снизить воздействие на состояние стержней арматуры локальных деформаций в опорных узлах, имеющих существенное развитие в древесине при малых значениях прочностных и жесткостных показателей в направлении поперек волокон (рисунок 1)



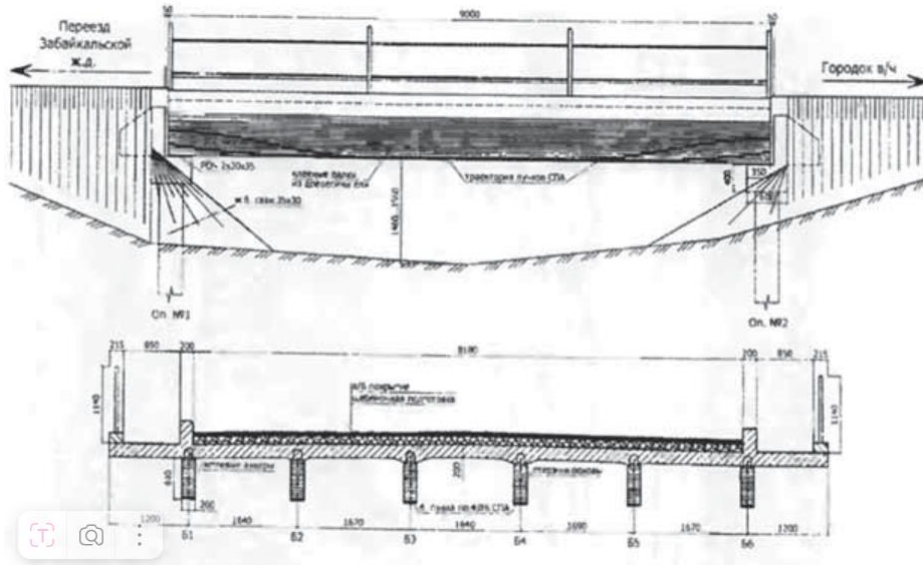


Рис. 1 – Конструктив дерево-железобетонного пролетного сооружения с балками из клееной древесины, предварительно напряженными стеклопластиковой арматурой

Испытания введенного в эксплуатацию моста статической нагрузкой (рисунок 2) показали, что на момент их проведения работа конструкций пролетного строения под нагрузкой соответствовала предпосылкам, принятым при проектном расчете.



Рис. 2 – Испытания дерево-железобетонного пролетного сооружения с балками из клееной древесины, предварительно напряженными стеклопластиковой арматурой

Мост с применением напрягаемой стеклопластиковой арматуры в железобетонных балках был построен в 1989 году через реку Хинган в городе Обручье. Мост имеет схему 5×15 м. В поперечном сечении пролетного строения установлены пять ребристых предварительно напряженных балок (рисунок 3).



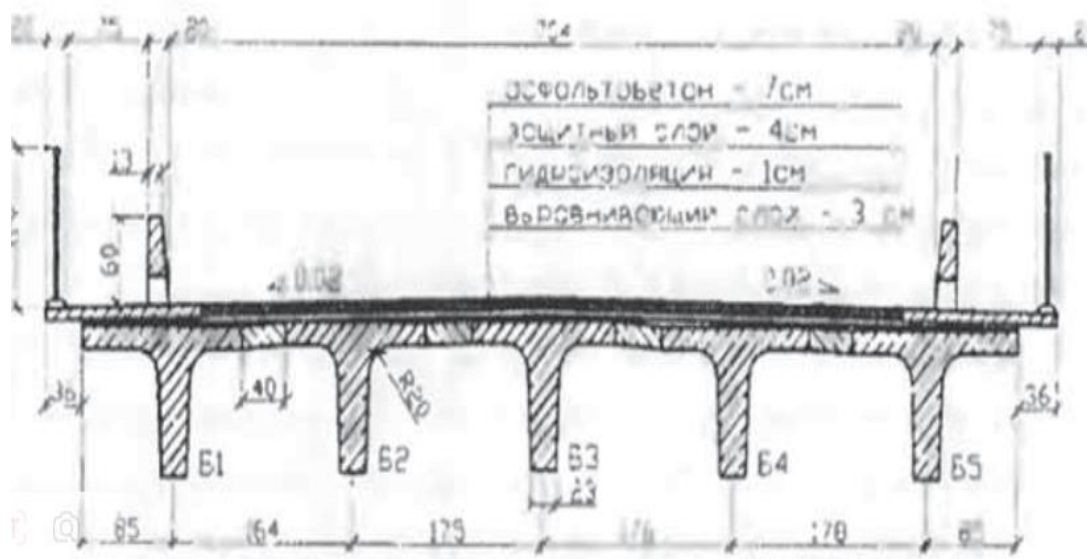


Рис. 3 – Поперечное сечение пролетного сооружения с применением напрягаемой стеклопластиковой арматуры в железобетонных балках

Балки пролетного строения изготовлены на Хабаровском заводе МЖБК республиканского треста «Автомост» в 1987 году. Опытные балки изготавливали в опалубочных формах, предназначенных для выпуска ребристых балок из предварительно напряженного железобетона по ТП серии 3.503–14, имеющих в качестве напрягаемой арматуры пять пучков из 24 стальных проволок диаметром 5 мм класса Вр1400.

На Хабаровском заводе МЖБК производство ребристых балок длиной 15 м из предварительно напряженного железобетона осуществлялось по стендовой технологии с использованием двухпетлевых пучков из стальной высокопрочной арматуры. Пучки на одном конце стенда крепились пальцами-фиксаторами, на другом – тягами к гидравлическим домкратам. После бетонирования и твердения бетона балок осуществлялась передача усилия натяжения арматуры со стенда на балки путем нагревания горелкой с последующим удалением концевых участков петлевых пучков. Эта технология была освоена и отработана на Хабаровском заводе МЖБК при инициативе и непосредственном участии профессора кафедры «Строительные материалы и изделия» ТОГУ В.И. Супакова.

Изготовление экспериментальных балок шло с ориентацией на максимальное использование имеющегося оборудования и отработанные технологии в отношении преднапряженных железобетонных балок. Поэтому армирование «стеклопластбетонных» балок было принято комбинированным: создание начальных напряжений в них осуществлялось четырьмя пучками стеклопластиковой арматуры по 24 стержня диаметром 6 мм в каждом и одним пучком из 40 стальных высокопрочных проволок диаметром 5 мм. Армирование балок ненапрягаемой арматурой классов А240 и А300 было оставлено без изменений (рисунок 4).



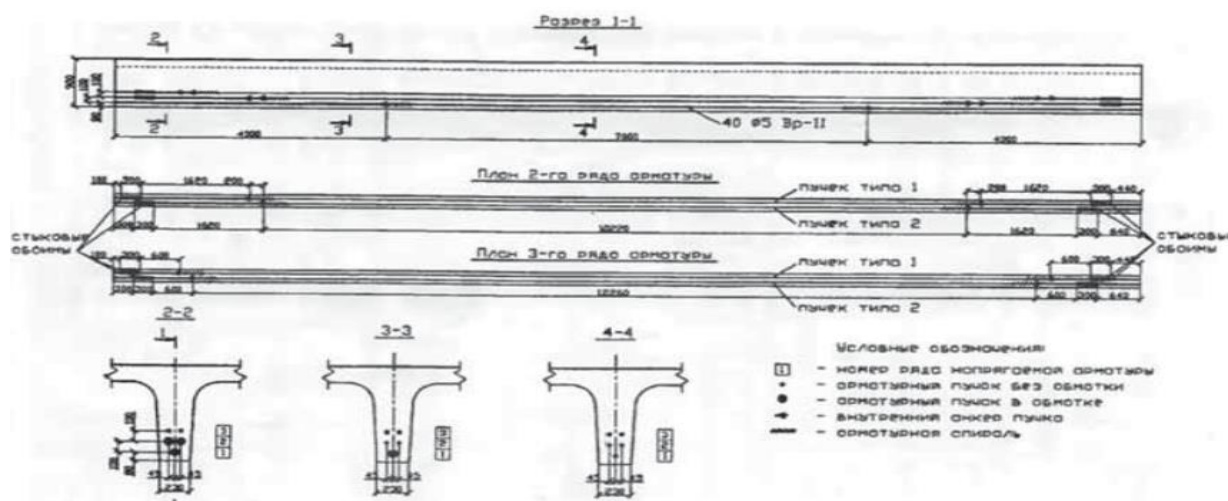


Рис. 4 – Схемы армирования железобетонных балок пролетного сооружения с применением напрягаемой стеклопластиковой арматуры

За границей, особенно в США, исследования в области стеклопластиковых и углепластиковых арматур начали активно развиваться после 1980-х годов. Здесь композитные материалы стали активно применять в мостах, трубопроводах и других конструкциях благодаря их легкости и высокой прочности. В этот период начинается стандартизация композитной арматуры. Разрабатываются нормативы для ее использования в гражданском строительстве. Появление технологий, таких как литье и экструзия, сделало производство более доступным. Инженеры экспериментировали с разными формами арматуры и способами ее укладки, что привело к улучшению распределения нагрузок и увеличению прочности конструкций.

США композитную арматуру активно использовали в транспортном, промышленном и гражданском строительстве. С применением такого армирования были построены следующие крупные объекты: корпус для МРТ Национального института здоровья в Бетесде, штат Мэриленд; мост на шоссе RM 1061 в округе Поттер, штат Техас; эстакада для рельсового транспорта Miami-Dade MetroRail (2011 г.) в Майами, штат Флорида.

В Канаде, Ватерлоо в 2008 г. возведено здание Центра квантовых нанотехнологий. Композитная арматура отличается малой электропроводностью, что способствует отсутствию дополнительных помех в точных исследовательских приборах, в отличие от традиционной стальной арматуры (рисунок 5).



Рисунок 5 – Армирование конструкций здания Центра квантовых технологий в Ватерлоо, Канада



Различные виды неметаллической арматуры стали особенно популярны и получили огромное распространение в развитых странах дальневосточной Азии. К примеру, в конце прошлого столетия Япония имела уже сто с лишним построенных бетонных объектов, укрепленных композитной арматурой. Самым же крупным потребителем стеклопластиковой арматуры в наше время считается Китайская Народная Республика. Здесь этот стройматериал применяется во всех современных конструкциях, начиная с мостов и всех видов транспортных магистралей и заканчивая различными промышленными зданиями и сооружениями.

В России пока что не наблюдается уверенного внедрения композитного армирования в строительство. Следует развивать это направление, ориентируясь на США, Канаду и Европу, которые все больше внедряют неметаллическое армирование в транспортное строительство, демонстрируя всему миру эффективность и высокий потенциал применения полимерных композитов в строительстве дорог и мостов.

На текущий момент за рубежом композитная арматура находит применение в большинстве крупных инфраструктурных проектах, включая мосты и автодороги, благодаря своей устойчивости к коррозии и долговечности. Композитная арматура ценится за легкость и простоту монтажа, что позволяет сократить время строительства. В Европе и Северной Америке также развиваются стандарты и нормы, способствующие её применению.

Однако рынок композитной арматуры сталкивается с конкуренцией со стороны традиционных стальных решений. Тем не менее, с увеличением требований к устойчивости и производительности, интерес к композитным материалам продолжает расти, и специалисты ожидают дальнейшее расширение их применения в ближайшие годы.

3. Выводы

В данной статье проанализирована и переработана история зарождения, становления и популяризации композитной арматуры. Имея ряд отличительных особенностей, композитная арматура завоевала рынок строительства и заняла особое место в сфере мостостроения, использования в бетонных конструкциях в условиях высокой коррозионной активности, а также при строительстве исследовательских центров с высокоточными приборами. Авторами статьи показан путь развития композитной арматуры в разрезе исторического контекста и выявлены фактические причины их применения в промышленном строительстве, мостостроении и также зданий исследовательских центров с высокоточным оборудованием.

Список литературы:

1. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Мандрик-Котов Б.Б., Михалдыкин Е.С. Проблемы применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Том 8, №6. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/89TVN616.pdf> (дата обращения: 20.06.2025).
2. Белуцкий И.Ю., Сим А.Д. Ретроспектива использования напрягаемой стеклопластиковой арматуры в балках пролетных строений мостов // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: междунар. сб. науч. трудов. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. №15. С. 113–119.
3. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопастбетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.
4. Власенко Ф.С., Раскутин А.Е.. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // Интернет-журнал «ТРУДЫ ВИАМ». – 2013. – №8. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20205739_14655129.pdf (дата обращения: 18.06.2025).



5. Завгороднев А.В., Уманский А.М., Беккер А.Т., Борисов Е.К. Перспективы применения композитной арматуры в морском гидротехническом строительстве // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №54–9. – С. 137–148.

6. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.

7. Типтев Д.Н., Овчинников И.И. Применение полимерной композитной арматуры при строительстве транспортных сооружений // Вестник Евразийской науки. – 2021. – №2 – URL: <https://esj.today/PDF/34SAVN221.pdf> (дата обращения: 18.06.2025).

