

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ**

*Скоба Владлен Александрович, студент 1-го курса кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г.Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.Г., докт. техн. наук, профессор)*

В XXI в. в связи с развитием отечественной инфраструктуры возникла необходимость в новых инновационных технологиях в мостостроении. Одной из таких технологий является применение конструкций из фиброармированных пластиков. Фиброармированный пластик — это новый строительный материал, с постепенно растущим спросом в строительстве. Мостостроение как одно из направлений строительства извлекает пользу из внедрения фиброармированного пластика.

Композитные материалы в виде фиброармированных пластиков впервые были использованы в авиационной промышленности из-за малого веса и высокой удельной прочности (оцениваемой как отношение прочности к объемному весу). Из-за ряда полезных характеристик фиброармированные пластики также начали достаточно широко использоваться в судостроении, при производстве трубопроводов, подземных резервуаров, а также коррозионно-стойкого оборудования. В связи с достаточно широким распространением композитов в указанных отраслях возникла идея применения этих материалов и сфере строительства и в особенности в отрасли транспортного строительства. Из фибропластиков, используемых в строительстве, наиболее применяемыми являются углепластики, стеклопластики и ароматические полиамиды (типа кевлара). Но наиболее надежными из них считаются углепластики, которые имеют более высокий модуль упругости и значительную прочность. Весьма малая величина коэффициента температурного расширения углепластика позволяет использовать его в условиях с большим количеством циклов замораживания и оттаивания.

Армирующие волокна в структуре фиброармированного пластика отвечают за прочность и жесткость, а матрица обеспечивает прочность на сдвиг, позиционирование волокон и обеспечение некоторой устойчивости материала при сжатии. Хорошая сопротивляемость фиброармированных пластиков воздействию внешней эксплуатационной среды открывает широкие возможности для их использования при разработке новых конструктивных

решений мостовых сооружений, особенно в сочетании с бетоном и железобетоном. Фибропластиковые материалы способны выдерживать более высокие уровни напряжений, чем сталь, хотя присутствие термореактивных смол в них приводит к их большей жесткости и хрупкости, то есть меньшей пластичности.

Усиление и модернизация существующих сооружений с использованием систем внешнего армирования из фибропластика является одним из первых опытов применения фиброармированных пластиков в строительстве, так как эта техника проста, быстра и эффективна.

Фиброармированный пластик, используемый для усиления и модернизации может быть в виде фиброармированного листа или ленты, в зависимости от места применения. Внешнее усиление из фибропластика увеличивает несущую способность бетонных и железобетонных элементов. Используются три метода нанесения внешнего усиления из фибропластика: склеивание, ручная укладка или влажная укладка и заливание смолой.

Фиброармированный пластик может использоваться для усиления железобетона в сейсмически опасных зонах. Обычно, для повышения сейсмического сопротивления железобетона применяли стальные оболочки, стальные тросы, намотанные спирально вокруг колонны или же использование внешней железобетонной рубашки. Однако эти методы могут вносить дополнительную жесткость из-за изотропности модифицируемого материала, и поэтому более высокая сейсмическая нагрузка может быть передана на соседние элементы. В дополнение к этому из-за длительности выполнения таких работ будет нарушен трафик транспорта. Поэтому в подобных ситуациях более целесообразным является использование фиброармированного пластика (Рис. 1) [1].

Несмотря на то, что стальная арматура в железобетонной конструкции, защищена слоем бетона, агрессивное состояние окружающей среды может стимулировать карбонизацию бетона, его хлоридную коррозию, что в конечном счете приведет к отслаиванию бетонного покрытия. Основной причиной потери грузоподъемности железобетонных мостов является коррозия арматуры. Поскольку фиброармированный пластик обладает более высокой коррозионной устойчивостью, то его можно применять вместо стальной арматуры. Полимерная композитная (неметаллическая) арматура может иметь одномерную или многомерную форму, в зависимости от применения. Но есть несколько проблем при использовании фиброармированных пластиков в качестве арматуры. Одной из проблем является линейное поведение фиброармированной пластиковой арматуры при нагрузке до отказа. Это означает, что железобетонный элемент, армированный фиброармированным

пластиком может не иметь такого же пластичного отказа как стальная арматура. Низкий модуль упругости также приводит к эксплуатационным проблемам, таким как большой прогиб и большое раскрытие трещин.



Рисунок 1 – Применение углепластика в виде холста для усиления опор [2]

Гибридные мосты – это мосты, созданные путем объединения традиционных материалов и фиброармированных пластиков. Наиболее распространенной конструкцией гибридного моста является конструкция, состоящая из стальной или железобетонной балки, к которым прикреплена плита проезжей части из фиброармированного пластика. Такая плита проезжей части обеспечивает ее легкую установку, так как имеет малый вес, она также потенциально устойчива к химическим и экологическим воздействиям [3].

Другой возможной гибридной конфигурацией является круглое поперечное сечение, в котором бетонное ядро обернуто фиброармированным пластиком. Эта система называется гибридной трубчатой системой. Экономичность конструкций, по сравнению с традиционными железобетонными конструкциями обеспечивается за счет более рационального использования свойств материалов. Бетон, находящийся в условиях объемного напряженного состояния, воспринимает напряжения, значительно превышающие прочность неизолированного бетона, а фибропластиковая оболочка, заполненная бетоном, в значительной степени защищена от потери местной и общей устойчивости. Кроме того фибропластиковая оболочка дополнительно защищает бетонное или железобетонное ядро от коррозии.

При использовании арочных элементов из фибропластика (Рис. 2) они выполняют три функции: являются опалубкой для бетона на строительной площадке; служат внешней арматурой для арочного бетонного элемента; обеспечивают антикоррозионную защиту трубчатой конструкции, тем самым увеличивая ее долговечность и снижая расходы на эксплуатацию.

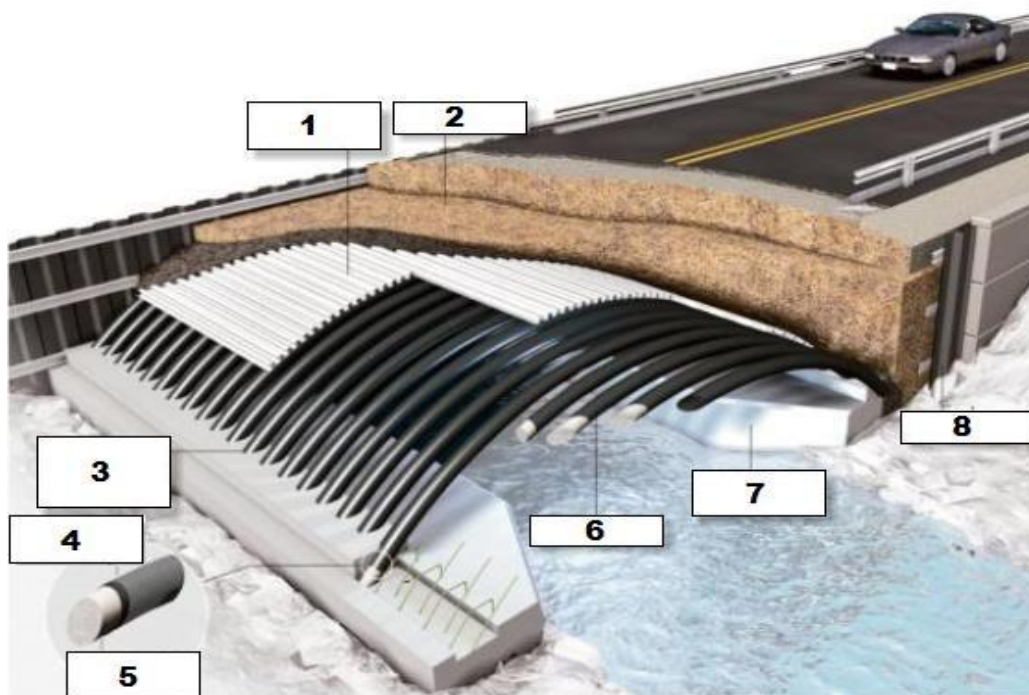


Рисунок 2 – Арочный мост с несущими элементами из заполненных бетоном арок из композитного материала: 1 - гофрированные листы из композитного материала; 2 - грунтовая засыпка; 3 – концы труб, заделанные в бетонный фундамент; 4 - композитная оболочка трубчатой арки; 5 – бетонное ядро; 6 – арки; 7 – бетонный фундамент; 8 – оголовок [4]

В мире имеется опыт применения такой технологии. С помощью такой технологии был построен мост The Kings Stormwater через канал в 2000 году в США (Рис. 3).

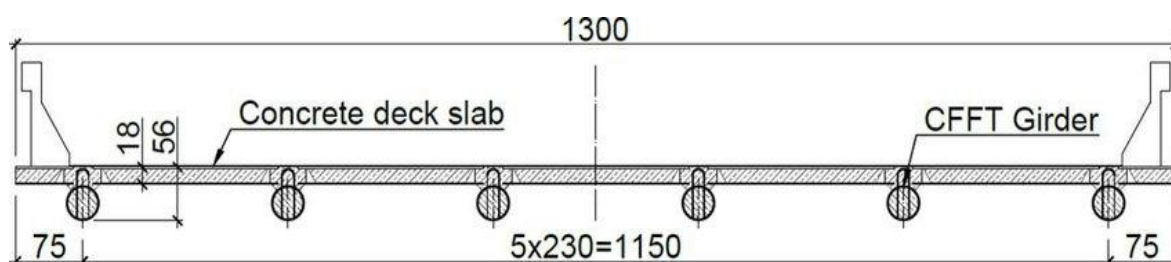


Рисунок 3 – Поперечное сечение моста The Kings Stormwater [5]

Также возводят мосты, полностью сделанные из полимерных композитных материалов. Опоры в них обычно делают из традиционных материалов (ж/б, сталь). Первый такой мост был построен в Китае в 1982 году. Он имеет пролет 20,7м и состоит из 6 ламинированных стекловолоконных балок. Но мосты из фиброармированных пластиков еще не так популярны, так как материал мало изучен и делаются все попытки чтобы изучить и улучшить характеристики этого материала.

Фиброармированный пластик благодаря своим свойствам, имеет большой потенциал в качестве материала, используемого в мостостроении. В течение последних 30 лет он используется в следующих случаях: усиление существующих бетонных конструкций, замена стальной арматуры и изготовление мостов полностью из этого материала.

Фиброармированный пластик также интересен с дизайнерской точки зрения, что позволит в дальнейшем создавать новые концепции мостов. Их малый вес обеспечивает быструю сборку и экономию средств.

Однако существует ряд недостатков и неясностей при использовании этого материала. Во-первых, хотя большинство исследователей положительно относится к долговечности этого материала, на сегодняшний день сложно предугадать, как долго простоят мосты с применением этих материалов, так как все мосты построены недавно. Также у таких мостов высокая начальная стоимость. Еще одной проблемой является отсутствие норм проектирования.

Фиброармированный пластик представляет собой потенциальный строительный материал для мостостроения. Однако его принятие в отрасли мостостроения происходит довольно медленно. Строят только малые пешеходные мосты из этих материалов, так как эти материалы еще плохо изучены и нет нормативов. Думаю, в дальнейшем этот материал будет лучше изучен, и он сменит традиционные на сегодняшний день материалы.

#### Литература:

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» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/89TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
2. [www.quakewrap.com/frppapers/Composite-Materials-For-Bridge-Construction.pdf](http://www.quakewrap.com/frppapers/Composite-Materials-For-Bridge-Construction.pdf) (дата обращения 25.11.18)
3. Use of fiber reinforced polymer composite in bridge structures / Chakrapan Tuakta, 2004.

4. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015)
5. [https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-Kings-Stormwater-Channel-Bridge-span-USA-cm\\_fig2\\_321170704](https://www.researchgate.net/figure/Cross-section-of-Kings-Stormwater-Channel-Bridge-span-USA-cm_fig2_321170704)(дата обращения 25.11.18)