

Опыт и перспективы применения арматуры стеклопластиковой полимерной (АСП)

В.Ф. Степанова, В.Р. Фаликман

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство»

Из практики известно, что разрушающему действию агрессивных сред подвергается примерно 75% строительных конструкций. По опубликованным данным, ежегодный ущерб от агрессивных воздействий составляет до 5% национального дохода. В результате в промышленно развитых странах более 40 % капиталовложений в строительной отрасли используется для эксплуатационного ухода и ремонта сооружений из железобетона и менее 60 % - для возведения новых.

В конце 90-х годов в США только для ремонта мостов из железобетона требовалось более 20 млрд. долларов в год, и, согласно расчетам, эти затраты возрастают ежегодно на 0,5 млрд. долларов. В Великобритании на ремонт подобных сооружений ежегодно тратится более 1 млрд. долларов. Потери, связанные с коррозией арматурной стали в бетоне, достигают значительной величины. Например, некоторые цеха промышленных предприятий подверглись разрушению от коррозии, пробыв в эксплуатации около 2 - 3 лет.

В России средства, затрачиваемые на ремонт и восстановление отдельных промышленных сооружений, за 4 - 5 лет доходят до суммы, равной общей их стоимости [1].

Из диаграммы (рис. 1) видны основные причины разрушения конструкций.



Рисунок 1 – Причины, вызывающие преждевременное разрушение строительных конструкций

Понятно, что проблемы обеспечения долговечности конструкций зданий и сооружений выдвигаются при этом на первый план.

Применение методов первичной защиты оправдано и самодостаточно, в основном, для работы эксплуатации конструкций в слабоагрессивных и некоторых среднеагрессивных средах. Доля таких конструкций до недавнего времени составляла не более 30% от общего объема конструкций, работающих в агрессивных средах [2].

1). Во избежание преждевременного разрушения железобетонных конструкций, необходимо учитывать при проектировании расчетный срок эксплуатации конструкций, т.е. закладывать проектные требования к материалам бетона, арматуре, защите, исходя их условий обеспечения их службы на расчетный срок здания и сооружения.

В последней редакции СП 28.13330.2017 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) заложены меры первичной и вторичной защиты из условий обеспечения сохранности строительных конструкций на срок 50 лет. Новый нормативный документ существенно отличается от действующих сегодня норм. Он содержит оценку агрессивности сред по отношению к высокофункциональным бетонам, международную классификацию агрессивных сред, учитывает современные методы защиты строительных конструкций от коррозии, в него внесен ряд изменений, дополнений и корректировок, касающихся первичной и вторичной защиты строительных конструкций. Важным, на наш взгляд, является появление в документе новых принципов армирования конструкций для предотвращения развития коррозионных процессов за счет применения неметаллической композитной арматуры, в том числе АСП.

Опыт применения неметаллической стеклопластиковой арматуры в России насчитывает более 60 лет. За последние 20 лет проведены испытания различных связующих (на основе полиэфирных, эпоксидных смол) на стойкость в щелочной среде бетона. оптимизирован состав связующего на основе модифицированной эпоксидной смолы, отработана новая бесфильтровая технология изготовления арматуры (метод «плейнтрузии») [4].

В табл. 1 приведены сравнительные физико-технические характеристики стальной и неметаллической композитной арматуры. Для армирования несущих и ограждающих конструкций сегодня применяются различные виды неметаллической композитной арматуры (стеклопластиковая, базальтопластиковая, базальтопластиковая с использованием углеродного волокна). Технологические линии по изготовлению арматуры (бесфильтровая технология) имеют достаточно высокую производительность и позволяют получить арматуру высокой прочности на растяжение с широким диапазоном модуля упругости (от 50 до 140 ГПа).

Таблица 1

Сравнительные физико-технические характеристики стальной и композитной арматуры

№ п/п	Характеристика	Стальная арматура ГОСТ 5781-82	Композитная арматура, в том числе АСП ГОСТ 31938-2012
1	Коррозионная стойкость	Подвергается коррозии	Не подвергается коррозии
2	Коэффициент линейной температурной деформации, $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	1.3...1.5	0.5...0.9 (Бетон: 0.7...1.0)
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	46	0.35...0.5
4	Электрические свойства	Электропроводна	Диэлектрик
5	Магнитные свойства	Магнитопроводна	Диамagnetик
6	Экологические свойства	При эксплуатации не выделяет вредных веществ	При эксплуатации не выделяет вредных веществ
7	Диапазон рабочих температур	По СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» от -70 до $+50^{\circ}\text{C}$	от -70 до $+100^{\circ}\text{C}$

Основным преимуществом арматуры стеклопластиковой полимерной (м другой композитной арматуры) является коррозионная стойкость при воздействии агрессивных сред (хлоридов, сульфатов). Арматура не электропроводна, имеет коэффициент теплопроводности 0.35...0.5 Вт/(м·К), что в 100 раз ниже, чем для металлической арматуры, диамагнетик. Все это позволяет создать экологически безопасные, комфортные условия в зданиях и сооружениях, т.е. исключить мостики холода, экранирование в бетонных конструкциях, снизить вес конструкций, так как неметаллическая арматура легче металлической в 4...4.5 раза. Неметаллическая композитная арматура применяется в дорожном строительстве, в мостовых конструкциях, конструкциях оснований и подземных сооружений; наружных ограждающих и несущих конструкциях в условиях повышенной относительной влажности среды $\geq 75\%$.

Опыт применения АСП достаточно широк. Наиболее интересны объекты положительного использования стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры для армирования дорожного полотна, оснований, фундаментов, ограждающих и несущих конструкций жилых и общественных зданий [5].

Например, мост со сталежелезобетонным пролетным строением, балки которого преднапряжены стеклопластиковой арматурой, был построен в России в 1891 году в Приморском крае через реку Тигровую на 35 км автомобильной дороги Шкотово-Партизанск. Последний раз обследование состояния арматуры и конструкций было проведено после 25 лет его эксплуатации, разрушений не было обнаружено. Мост эксплуатируется до сих пор, в ближайшее время предполагаем провести обследование. Общий вид моста и фрагменты установки АСП показаны на фото 1-3.



Фото 1. Общий вид моста через реку Тигровую.



Фото 2. На нижнем поясе крайней балки видны упоры для стеклопластиковой арматуры.



Фото 3. На нижнем поясе балки закреплены пучки преднапряженной стеклопластиковой арматуры.

В настоящее время линии по производству АСП установлены во многих городах России (Москва, Бийск, Екатеринбург, Ижевск, Омск, Челябинск, и др.).

Выполненные экономические расчеты показали, что замена металлической арматуры на неметаллическую арматуру с использованием стеклянного или базальтового ровинга позволяет экономить до 500 рублей на 1 м³ бетона.

К неметаллической композитной арматуре проявляется большой интерес в различных странах мира. В мае 2012 г. была зарегистрирована Ассоциация организаций по производству и применению неметаллической композитной арматуры и изделий из нее. Сейчас существует комитет композитных материалов при ассоциации «Железобетон», возглавляет комитет Свердлов Глеб Игоревич.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что сегодня одно из самых перспективных направлений в строительной индустрии – **применение фибробетонных конструкций** различного назначения, в которых все больше используется инновационная неметаллическая фибра в том числе стеклопластиковая.

Фибробетон, как и традиционный бетон, представляет собой композиционный материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. **Дисперсное фибровое армирование** позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

Фибробетон имеет в несколько раз более высокую прочность при растяжении и на срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость и вязкость разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление кавитации, жаропрочность и жаростойкость. По показателю работы разрушения **фибробетон** может в 15–20 раз превосходить бетон.

За последние 10 лет в России и зарубежом накопился большой опыт применения стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях.

Некоторые примеры применения в России показаны на фото 4 и 5



Фото 4. Армирование фундаментных плит (Ш. Энтузиастов и ул. Верейская, г. Москва, 2014 г.)

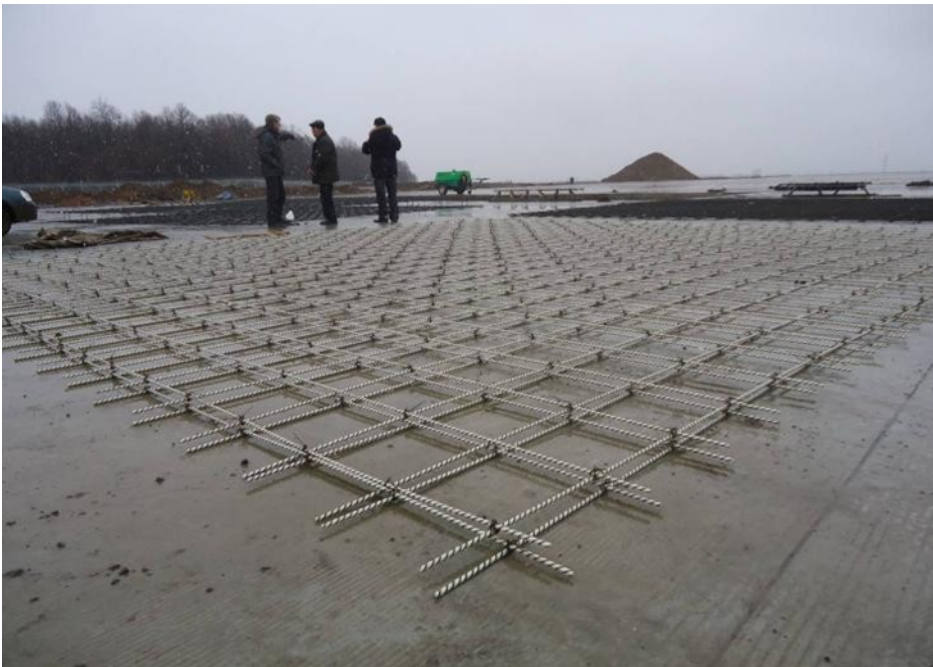


Фото 5.АСП в конструкциях на упругом основании (аэропортовый комплекс г. Казань, плита перона)

Большой интерес представляет зарубежный опыт применения АСП. На фото 6 показан пример где в нашей стране АСП ещё не применялась.



Фото 6. АСП в железнодорожных полотнах и путях, эксплуатирующиеся в условиях высоких электромагнитных полей, подвергаются воздействию токов утечки.

В настоящее время разработана нормативно-техническая документация для использования стеклопластиковой и других видов композитной арматуры, арматурных сеток, гибких связей и других элементов строительной конструкции.

Приводим состояние нормативной базы в России на сегодня:

ГОСТ 31938-2017 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия»; пересмотрен.

ГОСТ 32492–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик»; пересмотрен и утвержден в 2015 г.

ГОСТ 32486–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик долговечности»; пересмотрен и утвержден в 2015 г.

ГОСТ 32487–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам» пересмотрен и утвержден в 2015 г.

Изменение №1 к СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Приложение Л (рекомендуемое). Расчет конструкций с композитной полимерной арматурой).

СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная версия 2012 г. Приложение Ж. Требования к бетонам и железобетонным конструкциям, табл. Ж3 и Ж4).

СП 295. «Конструкции из бетона с композитной неметаллической арматурой. Правила проектирования».

СП 297. «Конструкции из бетона с композитной неметаллической арматурой и фиброй»

И другие документы, которые так же находятся в открытой печати.

Заключение.

Человечество переживает смену технической парадигмы цивилизации. В условиях роста численности населения планеты и неминуемого возникновения сырьевого и энергетического дефицита в строительстве будет происходить достаточно быстрое вытеснение традиционных материалов и технологий энергосберегающими и материалоэффективными решениями. Расширенное применение композитов – одно из основных направлений модернизации строительной индустрии в качестве эффективного ответа на вызовы современности.

Мировой рынок композитов в строительстве составляет около \$3,5 млрд (по сырью). В России этот рынок растет значительно быстрее. Так, в 2012 году в строительстве применено 55 тыс. т стеклопластиков, 4,8 тыс. т базальтопластиков, 48 т углепластиков, которые, в основном, представлены лентами, ламинатами и сетками.

Границы применения композитов быстро расширяются. Сегодня США потребляют 35% мирового производства композитов, Европа - 22%, Азия – 43%, в то время как российский рынок в составе стран BRICS занимает менее 1%. Однако, доля применения композитов в разных отраслях промышленности России, в том числе в строительстве, растет быстрыми темпами. а прошедшая в Париже крупнейшая композитная выставка JEC 2012 стала самой «русскоговорящей» за последние годы. Применение композитов, обеспечивающих уникальные и высокие эксплуатационные свойства конструкций в течение длительного срока эксплуатации, может стать для России мощным источником стратегической конкурентоспособности.

Для увеличения производства и применения АСП в строительстве (в строительных конструкциях мостов, дорог, в ЖКХ и т.д.) необходима координация усилий Минпромторга и

Министр Российской Федерации, департамента градостроительной политики города Москвы при тесном контакте с научными, проектными и производственными организациями.

Необходимо на проектирование по жизненному циклу при государственных закупках.

Стимулирование внедрения композитных материалов в практику строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шилин А.А.* Эффективность ремонта железобетонных конструкций инженерных сооружений // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве - СПб.: РИФ «Роза мира», 2007 г., - 544 стр., стр. 29-34.
2. *Степанова В.Ф.* Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство.- №1 – 2013. – С.13.
3. *Фаликман В.Р.* Новые эффективные высокофункциональные бетоны // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. № 1, 2011. - С. 48-54.
4. *Falikman V., Stepanova V., Bouchkin A.* “Russian experience in non metallic composite reinforcement production and use”. The Fourth International fib Congress 2014 “Improving Performance of Concrete Structures”, Mumbai, 2014. Proceedings. University Press. Vol. II, p.p. 784 – 786. e-Book: Paper 224.
5. *Степанова В.Ф., Степанов А.Ю., Журков Е.П.* Арматура композитная полимерная: - М. 2013 – 200 с.
6. *Beushausen H., Alexander M.* Performance-Based Service Life Design of Reinforced Concrete Structures Using Durability Indicators // 2nd International RILEM Workshop on Concrete Durability and Service Life Planning “ConcreteLife’09”. 2009. - Haifa, Israel: RILEM Publications S.A.R.L., 2009, - 612 p., p.p. 15 – 22.
7. Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Степанов А.Ю. «Арматура композитная полимерная и композитные изделия»

Сведения об авторах.

Степанова Валентина Федоровна, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство», заведующая лабораторией, д.т.н., профессор, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, (499) 171-43-74, vfstepanova@mail.ru

Фаликман Вячеслав Рувимович, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство», заведующий сектором, д-р материаловедения, профессор, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, (499) 171-03-84, vfalikman@yandex.ru