

Применение базальтопластиковой арматуры в сооружениях, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности и морского климата Соколов О. С.¹, Коротин С. А.², Ким В. М.³, Абдусаломов М. С.⁴, Шамсудинов Р. Р.⁵

¹Соколов Олег Сергеевич / Sokolov Oleg Sergeevich – магистрант;

²Коротин Сергей Александрович / Korotin Sergey Aleksandrovich – магистрант;

³Ким Валентин Михайлович / Kim Valentin Mikhailovich – магистрант;

⁴Абдусаломов Мухаммадзохир Сабохиддин угли / Abdusalomov Mukhammadzokhir Sabohiddin ugli – магистрант;

⁵Шамсудинов Рамил Рашитович / Shamsudinov Ramil Rashitovich – магистрант,

кафедра материаловедения и технологии материалов,
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Аннотация: в статье рассматривается альтернативный путь решения проблемы долговечности железобетонных конструкций и сооружений, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности и морского климата на основе применения базальтопластиковой арматуры. Рассматриваются достоинства и недостатки базальтопластиковой арматуры.

Ключевые слова: базальтопластиковая арматура, композитные материалы, коррозия арматуры, композитобетонные конструкции.

Проблема повышения долговечности железобетонных конструкций и сооружений остается актуальной на протяжении многих десятилетий. Железобетонные конструкции, широко применяемые в архитектурном проектировании, произведениях искусства и в гидротехнических объектах, требуют постоянного мониторинга технического состояния, так как достаточно сложно прогнозировать их долговечность с учетом таких факторов, как: «климатических условий, качества наполнителя бетона, коррозия и т. д. В результате в ряде случаев для обеспечения нормативного срока службы их состояние приходится поддерживать регулярными ремонтами различного объема.

Интенсивность разрушения бетона от химической агрессии и других факторов для разных морских бассейнов различна. Например, для Дальневосточного региона она достигает примерно 0,25 см в год, Черноморского – от 0,01 до 0,05 см в год [1].

Сроки эксплуатации железобетонных элементов связаны с коррозией бетона, которая делится на четыре группы:

- химическая;
- физическая;
- биохимическая;
- механическая.

В период зимы замерзающая вода в трещинах вызывает их развитие в глубину, расширяя площадь действия химической коррозии. При взаимодействии воды на бетон происходит воздействие и на стальную арматуру. Образование ржавчины на арматуре сопровождается увеличением объема продуктов коррозии, вследствие чего защитный слой отстает и откалывается, оголяя новые участки бетона и арматуры, снова подвергающихся воздействию воды [1].

Длительное и систематическое изучение стойкости железобетонных конструкций в различных условиях эксплуатации показывает, что наиболее опасны повреждения, вызываемые развитием коррозии арматуры, а их устранение чрезвычайно затруднительно [2].

Коррозия арматурной стали в бетоне недопустима, т. к. ее развитие приводит к уменьшению полезной площади сечения арматуры, и вызывает появление трещин в бетоне вследствие увеличения объема продуктов коррозии стали, а также снижает жесткость и несущую способность конструкции, которые не могут быть учтены предварительными расчетами.

Целостность арматуры от коррозии напрямую зависит от степени водонепроницаемости защитного слоя бетона. При монолитном, плотном бетоне вследствие пассивации поверхности арматуры возможность ее коррозии ограничена. Но со временем, в процессе эксплуатации сооружения и в результате воздействия на его конструкции нагрузок и агрессивной среды, сплошность защитного слоя бетона нарушается, морская вода, газы получают доступ к поверхности арматуры, вызывая коррозию металла [2].

Это обуславливает актуальность проблемы защиты стальной арматуры и железобетонных конструкций монументальных сооружений в условиях повышенной влажности и воздействия морской воды. В настоящее время не существует простых и надежных методов прекращения раз начавшегося процесса коррозии арматуры.

Для обеспечения долговечности конструкций из железобетона в последние годы широко применяется композитная арматура как альтернатива стальной. В зарубежных странах, а в частности Европе, Канаде, США и Японии были разработаны нормы проектирования бетонных конструкций с использованием

композитной арматуры, такие как: «CAN/CSA-S806-02, CAN/CSA-S6-06, 440.1R-06, 440.2R-08, 440.3R-04, CNR-DT 2003/2006, FIP Task Group 9.3».

Композитные материалы все чаще рассматриваются в качестве дополнения или замены традиционных материалов, используемых в строительных конструкциях. Неуклонный рост применения композитных материалов в новом строительстве и при реконструкции объектов связан с их выгодными характеристиками. Армированные полимерные материалы имеют малый удельный вес, коррозионную стойкость, а также высокий предел прочности на растяжение и отличаются простотой монтажа [3]. Композитную арматуру применяют для армирования фундаментов и конструкций, работающих на упругом основании, в не напряженных бетонных конструкциях, армировании грунтов, в конструкциях, подвергающихся воздействию агрессивных сред согласно ГОСТ 31384 и СП 28.13330.2012, бетонов на шлакопортландцементе, пуццолановом цементе, смешанных вяжущих с высоким содержанием активных минеральных добавок и т. п.

В настоящее время широко производится и применяется композитная арматура из непрерывного волокна на основе базальта и стекла. Академиком П. А. Ребиндером и его школой даны теоретические обоснования влияния окружающей среды и длительное воздействие нагрузок на прочность стеклянных волокон. Известно, что чем выше влажность окружающей среды, тем ниже прочность волокна. Снижение его прочности в этих условиях объясняется проникновением влаги в микротрещины [4].

Традиционное алюмоборосиликатное стекловолокно не обладает щелочестойкостью из-за разрушения (растворения) кремнеземного каркаса, и даже лучшие полимерные связующие не способны надежно защитить его от воздействия щелочи. На рисунке 1 изображена зависимость прочности композитной арматуры от влажностного состояния среды [4].

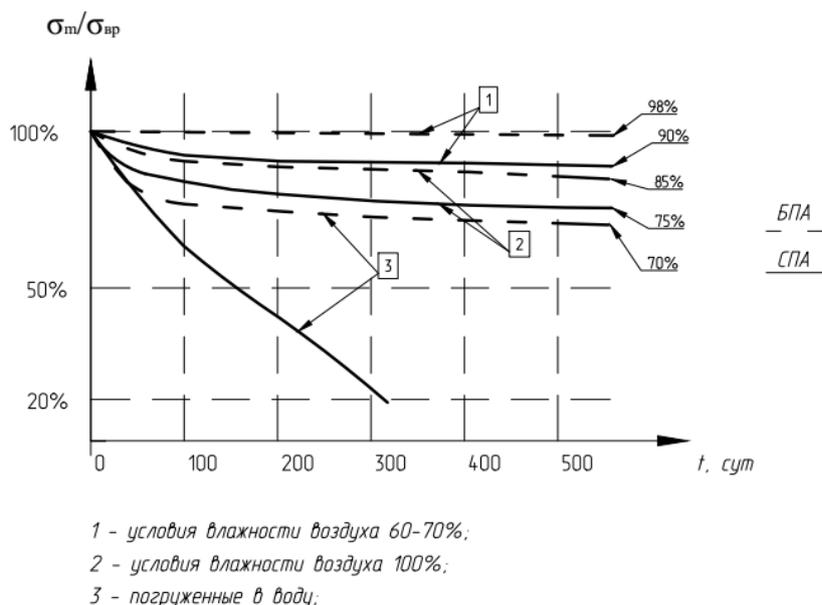


Рис. 1. Зависимость прочности стеклопластиковой арматуры (СПА) и базальтопластиковой (БПА) от влажности воздуха и пребывания в воде

На рисунке 2 показан сравнительный анализ стойкости стеклопластиковой и высокопрочной стальной арматуры в агрессивных средах. Можно видеть, что в агрессивных средах стеклопластиковая арматура

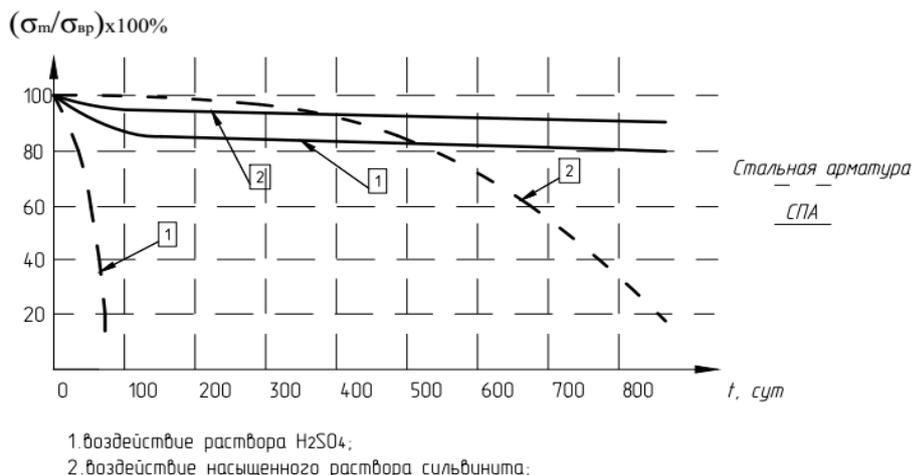


Рис. 2. Сравнение стойкости стеклопластиковой и высокопрочной арматуры в агрессивных средах

показывает на порядок лучшие результаты, нежели стальная. В свою очередь, стеклопластиковая арматура уступает по коррозионной стойкости базальтопластиковой [4].

На основании испытаний, описанных в статье «Коррозионная стойкость полимерных композитов в щелочной среде бетона», для базальтопластиковой арматуры были получены следующие результаты [5]:

- Длительное хранение базальтопластиковых стержней в сухом бетоне не снижает прочностных качеств, во влажном бетоне снижение прочности остается в пределах 15 %. Многократное замораживание и оттаивание не влияет на целостность полимера. Прогнозный расчет показывает, что через 80 лет существенного снижения прочности при воздействии щелочной среды бетона с базальтовым волокном не ожидается.

Согласно стандарту организации «Национального объединения строителей» за № СТО НОСТРОЙ 2.6.90-2013, базальтовую арматуру относят по коррозионной стойкости выше стеклопластиковой.

Одним из сдерживающих факторов применения композитной арматуры в ответственных сооружениях является низкая огнестойкость композитобетонных конструкций. Огнестойкость изделий в значительной степени зависит от конструкций ее армирования и величины защитного слоя. Экспериментальные данные показывают, что значение предела огнестойкости составляет от 13...18 минут, разрушение хрупкое, Критической температурой для композитной арматуры в конструкциях из цементных бетонов является температура 100 °С [4].

По данным эксперимента, конструкции, армированные композитной арматурой, относятся по пределу огнестойкости к металлическим конструкциям, которые лежат в пределах R10-R15. Однако применение композитной арматуры может осуществляться в сооружениях, к которым не предъявляются жесткие требования огнестойкости.

Однако применение базальтопластиковой широко применимо в конструкциях для сооружений, к которым не будут предъявляться строгие правила к огнестойкости. К таким сооружениям можно отнести гидротехнические, объекты культурного наследия (рисунок 3) и т. д.

Если рассматривать долгосрочную перспективу и брать в расчет эксплуатационные расходы на ремонт подобных объектов, целесообразно будет изначально заложить удорожание объекта, используя при этой конструкции из базальтопластиковой арматуры, а не стальную, чтобы увеличить долговечность конструкции при минимальном вливании дополнительного финансирования.

На основании выше сказанного можно сделать вывод, что базальтопластиковая арматура при



Рис. 3. Статуя «Посейдона»

испытаниях и эксплуатации в агрессивных средах обладает лучшей стойкостью, чем стеклопластиковая и стальная арматура, что делает экономически целесообразным конструкции, расположенные в условиях повышенной влажности или в морской воде за счет минимизации риска возникновения коррозии арматуры и увеличения межремонтных циклов конструкции.

И все же еще предстоит детально изучить недостатки бетонных конструкций с базальтовой арматурой, так как практически все формулы для расчета железобетонных конструкций выведены

эмпирическим путем. Огромная испытательная база формировалась десятилетиями. Данный пласт знаний только начинает формироваться для конструкций, армированных базальтопластиковой арматурой. На сегодняшний день конструкции с базальтопластиковой арматурой мало изучены. Основная часть исследований конструкций, армированных композитной арматурой, посвящена конструкциям со стеклопластиковой арматурой. Это связано с тем, что базальтовое волокно для производства композитной арматуры стало применяться много позже, чем стекловолокно. На данный момент не существует четкого понятия напряженно деформированного состояния конструкций, армированных базальтопластиковой арматурой. Основные расчетные формулы и зависимости для стеклопластиковой арматуры не всегда являются корректными и применимыми в случаях с базальтопластиковой арматурой и часто ведут к перерасходу арматуры. Неясна возможность использования и учета базальтопластиковой арматуры в сжатой зоне элементов конструкций. Дальнейшие исследования в области конструкций, армированных базальтопластиковой арматурой, должны быть направлены на возможность нивелировать такие ее недостатки, как низкая огнестойкость, малый модуль упругости и относительно малое удлинение и максимально использовать ее достоинства, такие как высокая прочность на разрыв и хорошая коррозионная стойкость.

Литература

1. *Цуприк В. Г.* Прочность и долговечность бетона и железобетона морских гидротехнических сооружений в условиях Дальнего Востока: учебное пособие / В. Г. Цуприк. – Владивосток: Дальнаука изд., 1994. – 330 с.
2. *Алексеев С. Н.* Коррозия и защита арматуры в бетоне: учебное пособие / С. Н. Алексеев – М.: Издательство литературы по строительству, 1968. - 230 с.
3. *Кербер М. Л.* Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие / М. Л. Кербер – СПб.: Профессия издат., 2008. – 560 с.
4. *Фролов Н. П.* Стеклопластиковая арматура и стекло-пластбетонные конструкции: учебник / Н. П. Фролов – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.
5. Коррозионная стойкость полимерных композитов в щелочной среде бетона / Н. К. Розенталь, Г. В. Чехний, А. Р. Бельник, А. П. Жилкин // Бетон и железобетон. – 2002. – № 3. – С. 20–23.
6. ГОСТ 31938-2011. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические требования. – Введ. 2012-12-18 – М.: Стандартиформ изд., 2012. – 33 с.
7. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СП 63.13330.2012 / Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 – М.: Минрегион России изд., 2011. – 154 с.
8. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1977 – 269 с.