

ВЛИЯНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ БЕТОНА НА ПРОТЕКАНИЕ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

М. И. ТКАЧЕВА

*Научный руководитель – А. А. Васильев (канд. техн. наук, доцент)
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в строительной отрасли железобетон является одним из самых часто используемых композитных материалов. Номенклатура бетонов, применяемых в современном строительстве, обширна и постоянно пополняется. Так, в непрерывном исследовании и разработке находятся тяжелые бетоны различных классов по прочности на сжатие, применяемые как при изготовлении сборных железобетонных элементов и конструкций, так и при использовании монолитной технологии возведения зданий, доля которых на сегодняшний день составляет 86 % и продолжает увеличиваться [1].

Массовость применения тяжелых бетонов классов по прочности на сжатие влечет за собой необходимость оценки скорости развития коррозионных процессов стальной арматуры в железобетонных элементах (ЖБЭ) и конструкциях (ЖБК), а также определения степени влияния составляющих бетона на его пассивирующие свойства по отношению к стали.

Коррозионное состояние стали в бетоне в первую очередь зависит от его состава, поведения его компонентов в той или иной среде эксплуатации, а также друг с другом [2].

При рассмотрении видов заполнителей одним из факторов, влияющим на состояние стальной арматуры в ЖБЭ (ЖБК), является их пористость. Наличие крупного заполнителя в составе тяжелого и особо тяжелого бетонов (щебень и гравий из плотных горных пород) дает возможность причислять их к группе непроницаемых. Способность тяжелых бетонов пропускать жидкость и газы определяется структурой цементного камня, заполнитель на этот процесс влияет незначительно. Такие заполнители, как аглопорит, перлит, керамзит и шлаковая пемза, относятся к категории легких и обладают высокой теплоизолирующей функцией в составе бетона, однако являются весьма проницаемыми. Данный фактор обязательно учитывается при проектировании состава бетона и при грамотном выполнении проницаемость легких бетонов не уступает тяжелым.

Еще одним важным различием между приведенными видами заполнителя является содержание гидроксида кальция. Наличие этого вещества в составе бетона играет ключевую роль в его способности пассивировать стальную арматуру, обеспечивая длительную и безопасную эксплуатацию ЖБЭ (ЖБК). Так железобетон, содержащий в составе пористый наполнитель, ча-

ще подвержен коррозионным повреждениям стальной арматуры ввиду недостаточного содержания гидроксида кальция.

Несмотря на все вышеперечисленное, основной угрозой для эксплуатируемых и проектируемых зданий и сооружений является содержание в заполнителе веществ, способствующих ускоренному развитию коррозии стальной арматуры в составе ЖБЭ (ЖБК). Так, хлориды, содержащиеся в песке и природном щебне, влекут за собой развитие хлоридной коррозии. Данный вид коррозионных повреждений характеризуется язвенным поражением стали, он влечет за собой растрескивание арматурных стержней и их обрыв, провоцируя аварийные ситуации даже в неагрессивных эксплуатационных средах. Особенно опасен такой вид повреждений для объектов, построенных с применением напрягаемой стальной арматуры. Появление хлоридов в составе заполнителя носит либо природный характер (песок из морских месторождений содержит хлориды сам по себе), либо обусловлен человеческим фактором (к данной группе можно отнести щебень, перевозимый в транспортных средствах, недостаточно очищенных от находящихся там ранее солей).

Вода, используемая для затворения бетона, промывки заполнителя и увлажнения твердеющего бетона, должна соответствовать нормам по содержанию хлорид-ионов. Так, для ЖБЭ с напрягаемой стальной арматурой их количество сопоставимо с нормами, предъявляемыми к питьевой воде (до 350 мг/л), для ЖБЭ ненапрягаемой стальной арматурой это значение выше (до 1200 мг/л) [2]. Из-за большого расхода воды ее заменяют на техническую – условно чистую от технологических процессов с различными загрязнениями.

Значительное влияние на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре имеет вид вяжущего и режим его твердения. К самым распространенным видам вяжущего относятся клинкерные цементы, отвечающие за прочность бетона и его способность сохранять пассивность стальной арматуры по отношению к окружающей среде.

При твердении бетона используются различные способы обработки, влекущие за собой как улучшение его характеристик, так и носящие угрозу для дальнейшей эксплуатации ЖБЭ (ЖБК). Исследованиями, приведенными в [3, 6], установлено, что при термовлажностной обработке ЖБЭ происходит вымывание гидроксида кальция из поверхностных слоев бетона, что приводит к ускоренному развитию карбонизации.

Используемый вид клинкерного цемента также влияет на развитие карбонизации бетона. Согласно исследованиям [2], бетоны на основе шлакопортландцемента и пуццоланового портландцемента карбонизируются быстрее, чем бетон на портландцементе. Эти различия также связаны с содержанием гидроксида кальция.

Однако именно вид цемента и его количество оказывают ключевое влияние на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.

Ранее проводились исследования изменения глубины коррозионных повреждений во времени для различных толщин защитного слоя классов бетонов по прочности на сжатие ($C^{12}_{15} - C^{30}_{37}$) в условиях ускоренной карбонизации [4]. Были сделаны выводы о том, что скорость коррозии стальных арматурных стержней снижается с повышением класса бетона по прочности на сжатие.

Полученные данные позволяют проанализировать глубину коррозионных повреждений при различных значениях содержания цемента и эксплуатационных средах, а также произвести прогноз для особо тяжелых бетонов различных классов по прочности на сжатие, так как именно количество цемента в составе бетона в значительной степени влияет на состояние стальных рабочих стержней в ЖБЭ (ЖБК).

Зависимости глубины повреждения коррозией стальной арматуры от расчетного содержания цемента в составе исследуемых классов бетонов по прочности на сжатие приведены на рисунке 1.

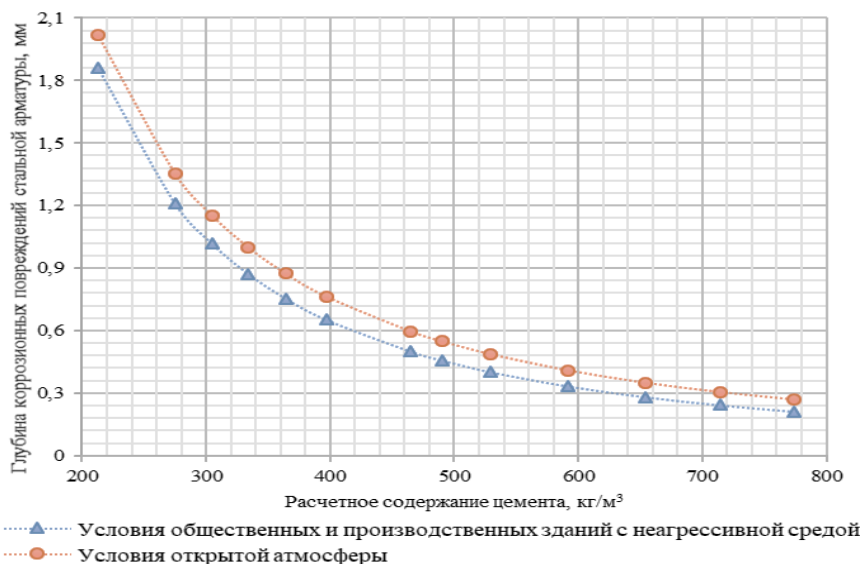


Рисунок 1 – Зависимости изменения глубины поврежденности коррозией стальной арматуры от расчетного содержания цемента для эксплуатационных условий открытой атмосферы, общественных и производственных зданий с неагрессивной средой в области ускоренной карбонизации в течение 50 лет

Полученные графические зависимости наглядно показывают, что с увеличением количества цемента от одного класса бетона по прочности на сжатие к другому пассивирующие свойства бетона по отношению к стали повышаются, т. е. снижается глубина коррозионных повреждений рабочей стальной арматуры. Также видна значительная разница между влиянием исследуемых эксплуатационных сред на образцы, что позволяет сделать вывод: при нахождении ЖБЭ (ЖБК) в открытой атмосфере коррозия стальной арматуры протекает быстрее, независимо от класса бетона по прочности на сжатие.

Отдельно взятые составляющие бетона, а также химические реакции, протекающие между ними, оказывают влияние на развитие коррозионных процессов в стальной арматуре.

Ключевыми факторами для продления срока службы железобетона являются: правильное проектирование состава бетона под конкретную эксплуатационную среду для конкретных объектов с учетом фактора возникновения и развития коррозии стальной арматуры различной степени интенсивности, так как именно ее разрушение влечет за собой создание и развитие аварийных ситуаций в строительных объектах.

Список литературы

1 **Сороканич, С. В.** Тяжелые бетоны повышенной коррозионной стойкости с модификатором на основе стеклянного порошка : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / С. В. Сороканич. – Макеевка, 2019. – 160 л.

2 Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях / С. Н. Алексеев, В. Б. Ратников, Н. К. Розенталь [и др.]. – М. : Стройиздат, 1985. – 272 с.

3 Железобетон в XXI веке: состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М. : Готика, 2001. – 684 с.

4 **Васильев, А. А.** Оценка предельной величины коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне / А. А. Васильев, М. И. Ткачева, В. А. Доля // Безопасный и комфортный город : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф., Орел, 06–08 июня 2022 года. – Орел: ОГУ им. И. С. Тургенева, 2022. – С. 242–247. – EDN DRJRBL.

5 **Васильев, А. А.** Прогнозирование фактической карбонизации с учетом технологических параметров бетона : [монография] / А. А. Васильев, А. М. Нияковский. – Гомель : БелГУТ, 2024. – 205 с. – ISBN 978-985-891-159-1. – EDN VDHDDG.

6 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с. – ISBN 978-985-554-825-7. – EDN PPYMDN.