

Сохранение культурного наследия – актуальная проблема в наши дни. Строительство Волго-Балтийского канала было важным этапом экономического развития региона, но оно также оказало влияние на исторические и культурные объекты тех мест. Такие памятники являются неотъемлемой частью наследия региона и составляют значимый элемент идентичности и образа жизни местного населения. Необходимо искать компромисс между развитием и сохранением культурного наследия, для этого требуется участие как органов власти, так и местных жителей, равнодушных волонтеров. Совместная работа поможет сохранить в памяти людей утраченные памятники и позволит предотвратить потерю ценных культурных объектов в будущем.

Список литературы

1 Калязинский краеведческий музей им. И. Ф. Никольского [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tvermuzeum.ru/affiliates/ККМ>. – Дата доступа : 05.12.2023.

2 **Золотницкая, З.** «Калязин. Фрески затопленного монастыря»: гид по экспозиции в Музее архитектуры им. А. В. Щусева [Электронный ресурс] / З. Золотницкая, Ю. Рагомская // Точка Art: интернет-журнал. – 20 апреля 2022 года. – Режим доступа : <https://magazineart.art/exhibition/kaljazin-freski-zatoplenno-monastyrja-gid-po-jekspozicii-v-muzee-arhitektury-imeni-a-v-shhuseva/>. – Дата доступа : 05.12.2023.

3 **Кызласова, И. Л.** О Павле Ивановиче Юкине (1883–1945) [Электронный ресурс] / Кызласова И. Л. // РусАрх: электронная научная библиотека по истории древнерусской архитектуры. – Режим доступа : <http://rusarch.ru/kizlasova6.pdf>. – Дата доступа : 06.12.2023.

4 Историческое описание Иоанно-Предтеченского женского монастыря Череповецкого уезда, Новгородской губернии. – СПб., 1890.

5 Игуменья Таисия Леушинская. Келейные записки. Автобиография. – СПб. : Леушинское подворье, 2004.

6 Крохино: сайт благотворительного фонда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.krokhino.ru/>. – Дата доступа : 12.12.2023.

УДК 624.012.35.001.18

ВЛИЯНИЕ КЛАССА БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ КАРБОНИЗАЦИИ

М. И. ТКАЧЕВА

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

Один из самых распространенных видов коррозии бетона, нейтрализующий бетон в железобетонных конструкциях (ЖБК) и элементах (ЖБЭ), при эксплуатации в условиях открытой атмосферы – карбонизация [1, 2]. С течением времени она снижает защитные характеристики бетона, что влечет за собой развитие коррозии стальной арматуры и уменьшение ее диаметра.

Коррозия стальной арматуры является одной из основных причин ухудшения технического состояния ЖБЭ и ЖБК.

Таким образом, основываясь на многолетних исследованиях карбонизации бетона, а также ее влиянии на коррозионные повреждения стальной арматуры, можно произвести анализ того, как влияет класс бетона по прочности на сжатие на время эксплуатации ЖБЭ (ЖБК). В основе сравнения лежат полученные регрессионные зависимости скорости и глубины коррозии стальной арматуры для различных бетонов классов по прочности на сжатие ($C^{12}/_{15}$ – $C^{30}/_{37}$) от толщины защитного слоя при эксплуатации в открытой атмосфере [1].

Скорость (1) и глубина (2) коррозионных повреждений стальной арматуры для установленных толщины защитного слоя и времени эксплуатации:

$$v_{t,s} = \left(b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \left(c_0 + \frac{c_1}{s} \right) \cdot \exp \left[- \left(c_0 + \frac{c_1}{s} \right) t \right], \quad (1)$$

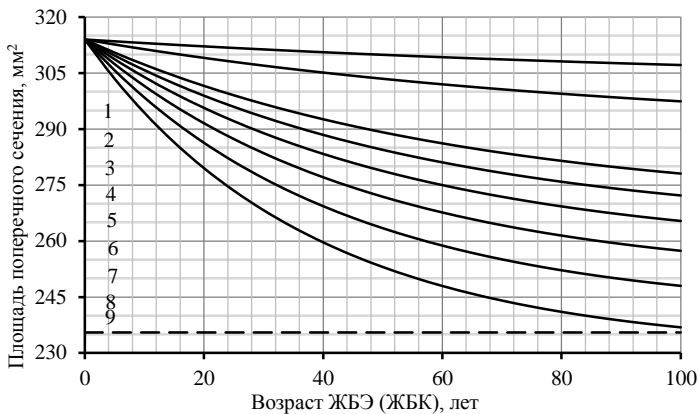
$$h_{t,s} = \left(b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \left\{ 1 - \exp \left[- \left(c_0 + \frac{c_1}{s} \right) t \right] \right\}, \quad (2)$$

где b_0 , мм/год; b_1 , мм²/год; c_0 , мм/мм; c_1 , мм – коэффициенты, определяемые классом по прочности на сжатие бетона; s – толщина защитного слоя бетона, мм; t – время эксплуатации, лет.

Для дальнейшего построения принят единый диаметр стальной арматуры (20 мм), ее критическое повреждение, равное потере 25 % площади поперечного сечения [3], и равномерное развитие коррозии по всей поверхности стержня, а также заданы срок эксплуатации ЖБЭ (100 лет) и диапазон величин толщины защитного слоя выбранных для сравнения бетонов классов по прочности на сжатие $C^{20}/_{25}$ и $C^{16}/_{20}$.

Для анализа влияния класса бетона по прочности на сжатие на развитие коррозионных повреждений в карбонизированном бетоне при эксплуатации ЖБЭ в условиях открытой атмосферы использована регрессионная зависимость (2) максимально допустимых повреждений коррозией стальной арматуры от величины защитного слоя для различных бетонов классов по прочности на сжатие, приведенных в графическом виде на рисунках 1 и 2.

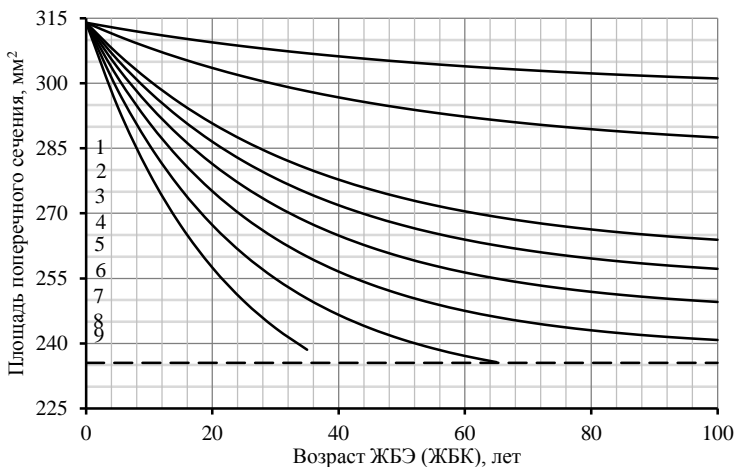
Данные, полученные в ходе расчетов для бетона класса по прочности на сжатие $C^{20}/_{25}$ (рисунок 1), показывают, что при минимальной величине защитного слоя бетона (10 мм) коррозионные повреждения не достигают критических. Для ЖБЭ с данными характеристиками при прогнозировании технического состояния необходим учет большего количества факторов, влияющих на ЖБЭ (постоянные и переменные нагрузки, деформации, возникающие вследствие влияния влажности и температурных изменений, и т. д.).



Толщина защитного слоя бетона: 1–10; 2–11; 3–12;
4–13; 5–14; 6–15; 7–20; 8–25 мм.

Критическое повреждение арматуры: 9–235,50 мм²

Рисунок 1 – Зависимость изменения во времени площади поперечного сечения стальной арматуры (Ø20 S500) для бетона класса по прочности на сжатие $C^{20}/_{25}$ для условий открытой атмосферы



Толщина защитного слоя бетона: 1–10; 2–11; 3–12; 4–13;
5–14; 6–15; 7–20; 8–25 мм.

Критическое повреждение арматуры: 9–235,50 мм²

Рисунок 2 – Зависимость изменения во времени площади поперечного сечения стальной арматуры (Ø20 S500) для бетона класса по прочности на сжатие $C^{16}/_{20}$ для условий открытой атмосферы

По результатам расчетов ЖБЭ (ЖБК), из бетона класса по прочности на сжатие $C^{16}/_{20}$ (рисунок 2) при минимальной величине защитного слоя (10 мм) критическое повреждение арматуры наступает после 40 лет эксплуатации, что меньше требуемого срока эксплуатации, который составляет 50 лет [4]. Сохранение в ходе эксплуатации ЖБЭ (ЖБК) защитного слоя бетона, толщина которого превышает минимальное значение (11 мм и более), значительно увеличивает время наступления максимально допустимого уменьшения диаметра стальной арматуры. Также стоит учитывать, что влияние нагрузок, внешних и внутренних воздействий на ЖБЭ значительно снижает полученный срок эксплуатации.

Основываясь на полученных ранее данных, можно сделать следующие выводы:

1 Класс бетона по прочности на сжатие, из которого произведен ЖБЭ (ЖБК), значительно влияет на скорость развития коррозионных процессов стальной арматуры (его повышение увеличивает срок эксплуатации ЖБЭ (ЖБК), снижение, соответственно, – уменьшает).

2 В процессе производства и эксплуатации ЖБЭ (ЖБК) важно контролировать толщину и состояние защитного слоя бетона, т. к. его разрушение ускоряет развитие коррозионных процессов в стальной арматуре.

Полученные зависимости (1) и (2) дают возможность определять срок эксплуатации, основываясь на времени наступления критического повреждения коррозией стальной арматуры от класса бетона по прочности на сжатие и толщины защитного слоя, что позволяет повысить объективность оценки и прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса (долговечности) ЖБЭ (ЖБК).

Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.

2 **Васильев, А. А.** Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. – Минск, 2017. – Вып. 9. – С. 148–167.

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

4 Бетонные и железобетонные конструкции: СП 5.03.01–2020. – Введ. 16.09.2020 (с отменой СНиП 2.03.01–84 и СНБ 5.03.01–02). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 245 с.