

- разработка методик подготовки (переподготовки) специалистов в области оценки дефектов и повреждений железобетона;
- разработка методик подготовки (переподготовки) специалистов в области диагностики технического состояния железобетонных конструкций.

#### Список литературы

- 1 Железобетон в XXI веке. Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России ; НИИЖБ. – М. : Готика, 2001. – 684 с.
- 2 Васильев, А. А. Предотвращение аварий зданий и сооружений / А. А. Васильев // БСГ. Строительная газета. – 2013. – № 29–30 (733–734). – С. 8–9.
- 3 Васильев, А. А. Оценка остаточного ресурса несущих конструкций / А. А. Васильев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 1 (42). – С. 88–90.

УДК 620.197:691.32

### ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, М. И. ТКАЧЕВА, О. Н. КОНОВАЛОВА, А. С. ЧУГУНОВА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железобетонные конструкции – основной тип несущих конструкций объектов транспортного строительства. Их долговечность определяет не только срок службы, но и, наверное, более важный аспект – безопасность огромного количества людей [1].

В подавляющем большинстве случаев основными причинами повреждений железобетонных конструкций являются коррозионные процессы в бетоне и (или) стальной арматуре, являющиеся следствием воздействия эксплуатационной атмосферной среды. Так, большинство железобетонных конструкций мостов и путепроводов, дорожные покрытия разрушаются от применения противогололёдных реагентов; из-за воздействия углекислого газа воздуха, из-за выделения в атмосферу окислов азота, сернистого и других газов, выбрасываемых двигателями внутреннего сгорания автотранспорта, промышленными предприятиями; в результате морозной деструкции бетона. Аварийные обрушения коммунальных тоннелей и, особенно коллекторов сточных вод, происходят, в первую очередь, в результате газовой коррозии железобетонных элементов. Значительную роль в ускорении выхода из строя железобетонных конструкций транспортных объектов играют вибрационные процессы.

Защита железобетонных конструкций от различных типов коррозии – одна из важнейших проблем обеспечения долговечности объектов транспортного строительства. В Республике Беларусь при проектировании зданий и сооружений используется система выбора видов первичной и вторичной защиты железобетонных конструкций с учетом прогнозируемых эксплуатационных условий на базе СН 2.01.07-2020 «Защита строительных конструкций от коррозии». В данном документе для бетонных и железобетонных конструкций рассмотрены степень агрессивного воздействия среды эксплуатации (классы по условиям эксплуатации); требования к материалам для бетона и конструкциям, находящимся в агрессивных средах (технологические требования, расчетно-конструктивные требования); требования по защите от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций; требования по защите от коррозии стальных закладных деталей и соединительных элементов; требования по защите железобетонных конструкций от электрокоррозии.

Необходимо отметить, что в силу различных обстоятельств не всегда учитываются необходимые требования как при проектировании объектов строительства, так и при реконструкции существующих. Несоблюдение (иногда полное или частичное игнорирование) требований, направленных на обеспечение долговечности при проектировании состава бетона и изготовлении железобетонных изделий, проектировании, строительстве и эксплуатации объектов строительства, к воздействию на конструкции агрессивных параметров атмосферы в сочетании с низким качеством производства строительно-монтажных работ, очень часто приводит к выходу из строя строительных конструкций задолго до окончания нормативного срока службы.

Наиболее значимо вышеприведенное проявляется при эксплуатации инженерных объектов транспортного строительства, испытывающих к постоянному воздействию агрессивности эксплуатационной среды значительные нагрузки, зачастую различного характера и знаков.

К наиболее часто и быстро повреждаемым объектам транспортного строительства можно отнести мосты, путепроводы, подземные переходы и переходы над железнодорожными путями, дорожные покрытия, коммунальные тоннели, коллекторы сточных вод, проходные тоннели с линиями электроснабжения, связи, сетями холодного и горячего водоснабжения и т. п.

Долговечность объектов транспортного строительства может быть обеспечена применением коррозионно-стойких составляющих и железобетонных конструкций в целом. Их создание, помимо уже существующих, охватывает новые направления [2]:

- исследование коррозионной стойкости железобетона на вяжущих и заполнителях с использованием отходов производства (в том числе – строительного);

- создание методов оценки и прогнозирования коррозионной стойкости железобетона на вяжущих и заполнителях с использованием отходов производства (в том числе – строительного);

- создание методов оценки и прогнозирования долговечности железобетона на вяжущих и заполнителях с использованием отходов производства (в том числе – строительного);

- разработка мер обеспечения долговечности железобетонных конструкций при одновременном воздействии агрессивной среды и нагрузок различного характера;

- создание железобетонных конструкций повышенной коррозионной стойкости (в том числе к биокоррозии), изготавливаемых по экономичным технологиям с использованием отходов промышленности и сельского хозяйства, при этом необходимо уделять внимание:

- изучению процессов внутренней коррозии бетона при использовании местных сырьевых материалов с повышенным содержанием вредных примесей;

- исследованию процессов разрушения новых видов стальной арматуры при одновременном воздействии на железобетонные конструкции силовых нагрузок различного характера и агрессивной среды;

- изучению оптимальных технологических параметров изготовления новых видов высокопрочных арматурных сталей, обеспечивающих повышение стойкости против коррозионного растрескивания, разработке защитных покрытий по стальной арматуре и технологий их нанесения;

- созданию оптимальных технологических параметров и характеристик периодического профиля, позволяющих повысить надежность служебных свойств стальной арматуры и расширить области применения эффективных видов стали;

- разработке новых видов защитных материалов с использованием отечественного сырья, критериев и методов оценки их долговечности;

- совершенствованию химических способов удаления продуктов коррозии с поверхности стальной арматуры и коррозионностойких составов для ремонта эксплуатируемых конструкций;

- разработка расчетных методов прогноза долговечности подземных и наземных железобетонных конструкций, работающих под воздействием агрессивности жидких и газовоздушных сред;

- разработка и внедрение методов контроля параметров качества и долговечности железобетонных изделий на заводах-изготовителях и их сертификационная аттестация.

Результат таких исследований:

- развитие теории коррозии бетона и железобетона, совершенствование норм проектирования железобетонных конструкций повышенной долговечности и коррозионной стойкости с применением расчетных методов прогноза их долговечности;

- создание новых коррозионностойких сборных и монолитных железобетонных конструкций с гарантией расчетного срока службы несущих конструкций и увеличенными сроками межремонтного периода.

Для поднятия качества и повышения долговечности железобетонных конструкций уже на данном этапе необходимо оценку продукции производить с учетом параметров качества и долговечности (в соответствии со стандартами); при использовании железобетонных конструкций (в первую очередь со следами агрессивности эксплуатационной среды) и применении при производстве железобетонных изделий нетрадиционных материалов проводить экспертизы проектных решений необходимо со специалистами по данной проблеме.

Обеспечить долговечность железобетонных конструкций и объектов транспортного строительства можно, если проблеме их долговечности рассматривать как основную при проектировании изделий, расчете, проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации конструкций. Это не только обеспечит требуемую долговечность и увеличит остаточный ресурс железобетонных конструкций (зданий и сооружений в целом), но и уменьшит затраты в целом, снизив коррозионные потери.

#### 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 **Степанова, В. Ф.** Проблемы долговечности бетонных и железобетонных конструкций в современном строительстве / В. Ф. Степанова // Бетон на рубеже третьего тысячелетия : материалы 1-й Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона : в 3 кн. 3 кн. – М. : НИИЖБ, 2001. – С. 1403–1407.

УДК 69:007.52(496)

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*А. В. ДЕРУЖИНСКАЯ, Н. И. СЕМЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современном мире строительство претерпевает изменения. Это связано с рядом факторов, среди которых дефицит рабочих кадров, необходимость повышения производительности труда с сокращением сроков производства работ для выполнения масштабных государственных программ, безопасность людей при выполнении строительно-монтажных работ, повышение качества готовой строительной продукции, снижение себестоимости строительства и др.

По данным McKinsey Global Institute на 2015 г., мировая строительная отрасль по отраслевому цифровому индексу была одной из наименее оцифрованных и занимала предпоследнее место в общем рейтинге [1].

К 2021 г. коренных изменений в уровне цифровизации относительно других отраслей в строительстве не произошло. По данным Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ РФ по Индексу цифровизации отраслей экономики и социальной сферы строительная отрасль занимает предпоследнее место в общем рейтинге (11,4 пункта), опережая только сферу операций с недвижимым имуществом (11 пунктов) и уступая лидерам: отраслям IT (33,9), информации и связи (28,6), высшего образования (23,9) и др. [2]. Значения Индекса определены суммой значений пяти субиндексов, которые для сферы строительства имели следующие значения: использование цифровых технологий – 2,72 (3,91) пункта; цифровизация бизнес-процессов – 3,43 (6,39); цифровые навыки персонала – 1,23 (13,96); затраты на внедрение и использование цифровых технологий – 0,2 (3,11); кибербезопасность – 3,8 (6,51). В скобках для сравнения приведены значения соответствующих показателей для IT-отрасли.

Низкий уровень продуктивности всей отрасли по сравнению с другими можно объяснить комплексом причин:

- значительное количество времени документооборота затрачивается на бумажную работу;
- отрасль в значительной степени зависит от ручного труда на строительной площадке;
- нет отлаженных коммуникаций между заказчиками, проектировщиками и подрядчиками, т. е. BIM-технологии пока в должной мере не работают, что вытекает, на наш взгляд, из следующей причины;
- дефицит кадровых ресурсов в целом и в частности IT-специалистов и работников, обладающих цифровыми навыками на уровне выше среднего.

С целью формирования прочного фундамента для успешного роста отрасли в стране разработана Стратегия развития строительного комплекса Республики Беларусь до 2035 г. (Стратегия) [3, 4], которая направлена на достижение основных целей, каждая из которых имеет свои задачи.