

Список литературы

- 1 Яшина Т. В. Наполненные полимерцементные композиты строительного назначения / Т. В. Яшина, В. И. Соломатов // Известия вузов. Раздел строительства: Научн. теор. журнал. – 1991. – № 12. – С. 46–50.
- 2 Алексеева, А. А. Модификация бетонов для транспортного строительства / А. А. Алексеева, Т. В. Яшина // Проблемы современного строительства : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 231–233.

УДК 624.21/.8:624.01/.04

ДЕГРАДАЦИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ КАК ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Р. Ю. ДОЛОМАНЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для Республики Беларусь, входящей в единую транспортную систему Европы и имеющей на своей территории более 6 тыс. мостов, обеспечение их бесперебойной работы является важнейшей государственной задачей.

Основную долю конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные конструкции (ЖБК) различных типов. Мостовые сооружения, являясь первоочередными элементами на сети дорог Беларуси, в процессе эксплуатации должны эффективно и качественно удовлетворять условиям бесперебойного и безопасного движения транспортных средств с расчетными скоростями и нагрузками в течение заданного срока эксплуатации.

Международный опыт развития дорожно-транспортной инфраструктуры показывает, что даже в самых развитых странах происходит недофинансирование дорожной отрасли, то есть уровень запросов пользователей всегда выше возможного уровня финансирования. В такой ситуации достигнуть максимальной стабильности дорожной сети можно лишь за счет внедрения и реализации оптимизированного программно-целевого подхода, а именно обоснованного и своевременного вложения имеющихся средств. Именно этой цели служат расчетно-аналитические модули определения необходимых средств: на содержание сооружений, на все виды ремонта, необходимых для обеспечения прогнозной долговечности сооружений.

На сегодняшний день в мировой инженерной практике, наряду с конструктивным проектированием строительных ЖБК используется термин «проектирование долговечности», или «срок службы». К наиболее опасным процессам, влияющим на долговечность железобетонных мостовых сооружений, относят карбонизацию защитного слоя бетона и проникновение хлоридов (рисунок 1).

Данный подход направлен на определение времени наступления предельного состояния железобетонных конструкций при помощи специальных алгоритмов, позволяющих прогнозировать процесс деградации конструкции с определенной степенью точности и при необходимости корректировать проектные решения для достижения требуемого срока службы [1, 2].

Целью работы является исследование выбранной модели прогноза долговечности железобетонных пролетных строений и путепроводов на стадии проектирования, позволяющей прогнозировать их срок службы в виде функции времени в зависимости от физико-механических свойств бетона и стальной арматуры, условий эксплуатации [1, 2].

Модель рассматривает два периода граничных состояний:

а) период инициирования коррозии стальной арматуры:

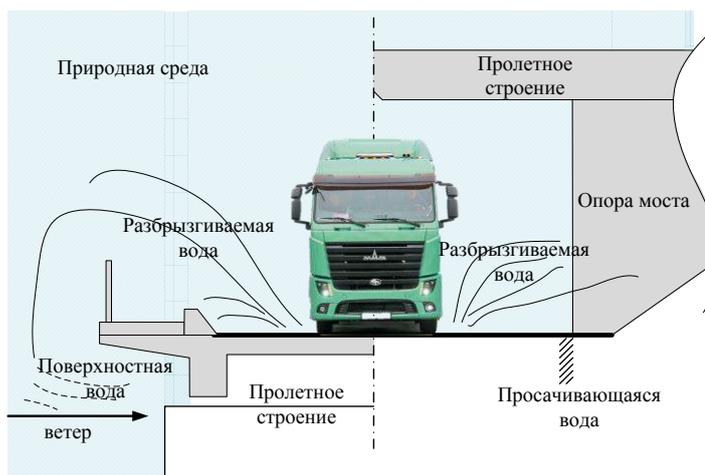


Рисунок 1 – Зоны моста с разным воздействием хлоридов

Модель рассматривает два периода граничных состояний:

а) период инициирования коррозии стальной арматуры:

$$t_p = \frac{x_c^2}{2k_w^2 k_f^2 D_{CO_2} a^{-1} (c_1 - c_2)}, \quad (1)$$

где t_p – срок службы, лет; x_c – глубина карбонизации за время службы конструкции, м; k_w – коэффициент, учитывающий влияние погодных условий; k_f – коэффициент влияния морозной деструкции; D_{CO_2} – коэффициент диффузии CO_2 в бетоне, m^2/c ; c_1, c_2 – соответственно содержание диоксида углерода на внешней поверхности бетона и на границе карбонизации (бесконечно малая величина), $кг/м^3$; a – реакционная емкость бетона (количество CO_2 , необходимое для превращения всех способных карбонизироваться продуктов гидратации цемента), $кг/м^3$;

б) период активной коррозии стальной арматуры:

$$x_{corr} = v_{corr} a_{pit} t, \quad (2)$$

где v_{corr} – скорость коррозии стальной арматуры, мм/год; a_{pit} – питтинговый фактор, учитывающий характер коррозии; t – время, лет.

Рассмотрим толщину защитного слоя бетона в период инициирования коррозии стальной арматуры исходя из выражений (1), (2), с учетом следующих заданных начальных условий: коэффициент влияния влажности за период наблюдений 1981–2010 гг. в течение времени от 0,4 до 0,08 (рисунок 2), а остальные параметры условно примем равными единице [3, 4].

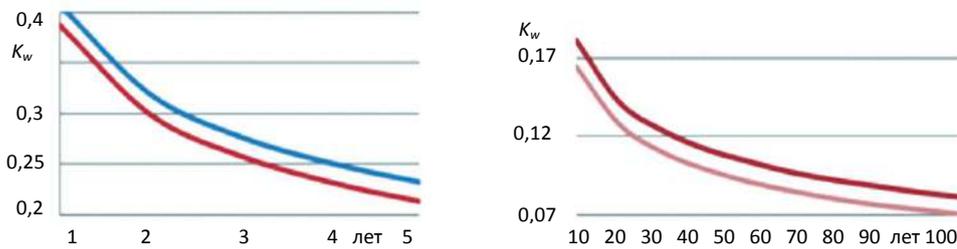


Рисунок 2 – Коэффициент влияния влажности на глубину карбонизации в течение времени

Анализируя параметры критических значений коэффициента влияния влажности, получим следующие предельные значения глубины карбонизации (рисунок 3).

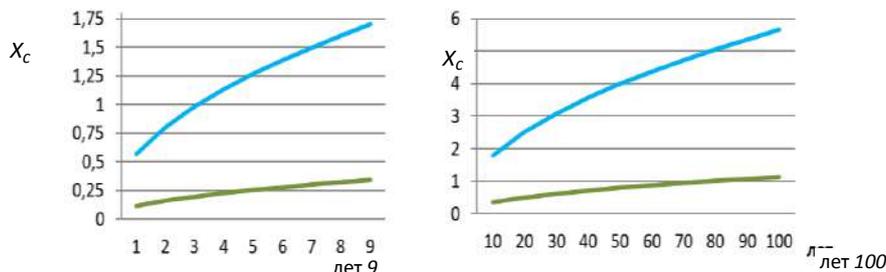


Рисунок 3 – Глубина карбонизации во времени от 1 года до 100 лет в зависимости от коэффициента влияния влажности

Не соответствующие современному уровню развития строительной науки и возрастающим транспортным нагрузкам законодательная и нормативная базы приводят к необоснованным решениям в области капремонта, реконструкции, повышения надежности и долговечности сооружений, а также к повышению рисков возникновения аварийных ситуаций, которые, в свою очередь, могут приводить к чрезвычайным происшествиям.

Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Модель прогнозирования долговечности железобетонных пролетных строений мостов / А. А. Васильев, Р. Ю. Доломанюк, С. В. Дашкевич // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2018. – № 1(36). – С. 121–123.
- 2 Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях : [монография]. В 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Леонович [и др.] ; под ред. С. Н. Леоновича. – Минск : БНТУ, 2016. – 204 с.
- 3 **Доломанюк, Р. Ю.** Функция изменения физико-механических свойств бетона во времени в зависимости от периодов увлажнения на территории Республики Беларусь / Р. Ю. Доломанюк // Современные научные исследования и разработки : электронное науч.-практ. периодич. издание. – М. – 2019. – № 1 (30). – С. 359–364.

4 **Доломанюк, Р. Ю.** Влияние коэффициента влажности на глубину карбонизации железобетонных элементов мостовых сооружений / Р. Ю. Доломанюк // Современные проблемы науки и образования: вопросы теории и практики : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. НИЦ ПНК от 30 апреля 2019 г. / ред. кол.: Р. Р. Галлямов [и др.]. – Самара : Поволжская научная корпорация, 2019. – 232 с.

5 **Takewaka, K.** Quality and Cover Thickness of Concrete based on the Estimation of Chloride Penetration in Marine Environments / K. Takewaka, S. Mastumoto. – American Concrete Institute, 1988. – P. 381–400.

6 **Бабицкий, В. В.** Прогнозирование степени гидратации цемента с химическими добавками / В. В. Бабицкий // Материалы, технологии, инструмент. – 2005. – № 1. – С. 76–79.

7 **Papadakis, V. G.** Effect of composition, Environmental Factors and Cement-line Mortar Coating on Concrete Carbonation / V. G. Papadakis, M. N. Fardis, G. G. Vayenas // Materials and Structures. – Vol. 25. – 1992.

8 Dura Crete. Compliance Testing for Probabilistic Design Purposes. Brite EuRam III Project BE95-1347. Report R8. – 1999.

9 **Бородай, Д. І.** До оцінки ресурсу залізобетонних елементів мостів на стадії проектування / Д. І. Бородай // Авто-мобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2010. – Вип. 79. – С. 101–112.

10 **Карапетов, Э. С.** Прогноз срока службы железобетонных мостов на основе модели процесса карбонизации защитного слоя / Э. С. Карапетов, Д. А. Шестовицкий // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – Т. 13, № 1(46). – С. 14–23.

УДК 625.666.97

РЕМОНТ МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫМИ БЕТОНАМИ И РАСТВОРАМИ

А. Ю. ДОРОШЕНКО

*Государственный университет инфраструктуры и технологий,
Киевский институт железнодорожного транспорта, Украина*

Для продления сроков работы мостов и путепроводов необходимо проведение своевременных плановых ремонтных работ. Чаще всего при ремонте железобетонных конструкций мостов применяются материалы на основе полимеров: полимербетоны, полимерцементные бетоны [1, 2, 3, 4].

Сдерживающим фактором для широкого внедрения полимербетонов является их высокая стоимость и значительные усадочные деформации полимерных смол.

Полимерцементные бетоны имеют меньший коэффициент температурного расширения и усадку; более высокую прочность на растяжение, сжатие и изгиб по сравнению с обычным цементобетоном. Характеризуются лучшим сцеплением с бетоном и арматурой, лучшей водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью.

Также положительно характеризуют полимерцементный бетон небольшие расходы полимеров и достаточно простой способ изготовления, этот материал позволяет достичь значительного эффекта при незначительном повышении стоимости. Качество ремонта мостов и путепроводов в значительной степени зависит от долговечности соединения между старым бетоном железобетонной конструкции и новым бетоном. Для этого необходимо обеспечить высокую адгезию между ними, которая зависит от деформативных свойств (в том числе модуля упругости и коэффициента температурного расширения).

Известно значительное количество полимерцементных бетонов с различными полимерами на основе винилацетата с этиленом или латексом СКС-65ГП, эпоксидной смолы с полиэтиленполиамином или полиамином и многие другие [5].

Целью работы является повышение физико-механических свойств полимерцементного бетона с улучшением его адгезии к старому бетону железобетонных конструкций мостов и путепроводов.

Для этого в Киевском институте железнодорожного транспорта совместно с институтом химии высокомолекулярных соединений НАН Украины была проверена эффективность полимерной композиции на основе стирольного раствора полиэтиленгликоль фталат малеината. Полимерная композиция «Спрут-5» (ТУ 88.193.034-80) вмещает следующие компоненты (мас. долей):

- стирольный раствор полиэтил-энгликольфталатмалеинат – 100;
- продукт взаимодействия аллилового спирта и толуилендиизоцианата – 65;
- перекись метилэтилкетона – 5;
- нафтенат кобальта – 5.

Предложенная полимерная композиция полимеризуется во влажных условиях в процессе твердения бетона следующего состава: Ц : П : Щ = 1 : 2,33 : 4,23.