

тому, чтобы обеспечить доступность среды не только в отдельно взятых дворах, микрорайонах, общественных зонах, но и во всем городе в целом.

Сегодня непрерывный процесс преобразования и сохранения, обновления и приспособления сложившейся застройки является неотъемлемой частью развития и города Гомеля. В последние годы выпускникам специальности «Архитектура» кафедрой «Архитектура и строительство» БелГУТа предлагаются темы по дипломному проектированию комплексного благоустройства разных участков городской застройки. При реконструкции и комплексном благоустройстве территорий различного назначения студенты учитывают комплекс факторов окружающей среды: градостроительные, архитектурные, санитарно-гигиеническое состояние, пожарные проезды, уровень шума, инсоляцию, аэрацию, освещенность и многие другие, влияющие на протекающие жизненно важные процессы жителей города. Изучение передового практического опыта и достижений научно-технического прогресса позволяет архитектурно-градостроительными средствами улучшить экологическое состояние и внешний облик города, создавая комфортные условия на жилых и общественных территориях. Комплексное благоустройство городских территорий – это следование концепции устойчивого развития и преобразования различных территорий городской застройки в инклюзивные, информативно и эстетически организованные экологичные пространства.

Список литературы

- 1 Федоров, В. Б. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки / В. Б. Федоров. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 224 с.
- 2 Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 января 2021 г. № 50 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050>. – Дата доступа : 10.09.2022.
- 3 Благоустройство дворов: как подготовить и реализовать инициативный проект местного сообщества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.urbanecomics.ru/sites/default/files/gorodsreda2018iue.pdf>. – Дата доступа : 11.09.2022.
- 4 Хачатрянц, К. К. Проблема создания городской среды, доступной для лиц с ограниченными возможностями / К. К. Хачатрянц // Градостроительство и архитектура: актуальные проблемы : сб. науч. тр. ; БНТУ, АФ. – Минск : Тэхналогія, 2002. – С. 182–185.

УДК 539.4.015.2

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВСЛЕДСТВИЕ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

В. О. БОНДАРЕНКО, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Увеличение срока службы эксплуатируемых железобетонных конструкций в условиях атмосферных климатических воздействий в настоящее время остаётся актуальной проблемой в промышленном и гражданском строительстве. Процесс их разрушения зависит от длительности протекания комплекса физических и химических процессов. Принимая во внимание процессы деградации и воздействующие на них факторы (свойства материалов, внешние процессы), можно рассчитать срок службы железобетонных конструкций [1]. Целью работы является разработка методики, позволяющей оценить изменение несущей способности железобетонных конструкций, связанное с карбонизацией бетона.

Отечественными и зарубежными учеными [2, 3] было отмечено, что скорость протекания карбонизации защитного слоя зависит от множества факторов, таких как относительная влажность бетона, его условия твердения, погодные условия (увлажнение при осадках), неоднородность в составе арматуры, конструкционные особенности железобетонных конструкций, понижение положительной температуры и др. В результате выполненных исследований [4] получены экспериментальные зависимости, позволяющие оценить величину карбонизации бетона в разных точках поперечного сечения железобетонных элементов. На основании выражения для определения изменения карбонатной составляющей во времени

$$KC_{\text{прог}} = KC_0 + A\sqrt{t},$$

где KC_0 – показатель начальной карбонизации; A – коэффициент, учитывающий скорость карбонизации; t – время, годы, может быть определен срок эксплуатации конструкции, при котором про-

изойдет полная карбонизация бетона. Для этого используется предложенная в [5] методика определения предельной величины карбонизации (ПВК) по различным составам бетона. На рисунке 1 в качестве примера представлен график зависимости коррозионных повреждений от времени для бетона марки $C_{20/25}$.

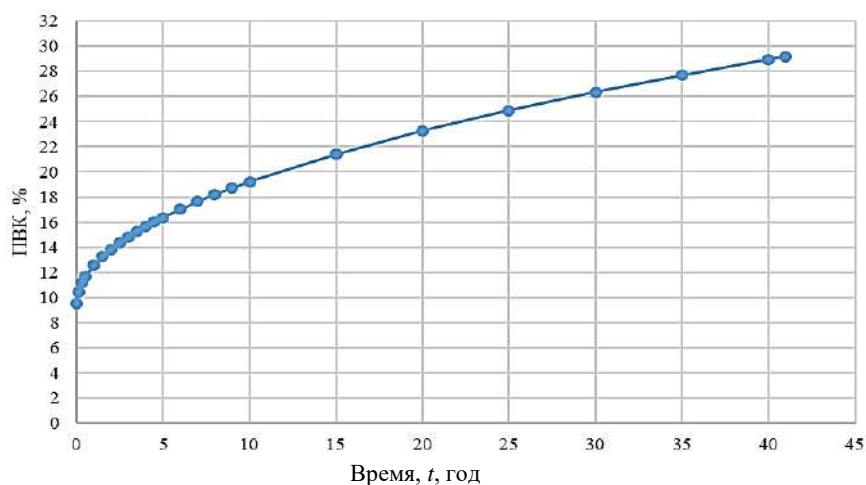


Рисунок 1 – График зависимости предельной величины карбонизации бетона от времени

В результате анализа исследований, выполненных различными авторами, удалось получить зависимости, определяющие механические характеристики защитного слоя бетона при различной величине карбонизации бетона. В таблице 1 приведены полученные параметры изменения модуля упругости бетона различного класса в зависимости от глубины карбонизации бетона, с помощью которых можно провести теоретические оценки прочности железобетонных элементов, позволяющие учесть влияние изменения физико-механических свойств бетона на долговечность конструкций.

Таблица 1 – Изменение модуля упругости в зависимости от глубины карбонизации защитного слоя бетона

Глубина проникновения хлоридов, мм	Модуль упругости бетона, МПа, класса			
	$C_{12/15}, E_1$	$C_{16/20}, E_2$	$C_{20/25}, E_3$	$C_{25/30}, E_4$
0	24000	27500	30000	32500
5	23400	26900	29400	32000
10	21900	25500	28000	30600
15	19800	23400	25800	28500
20	18400	21900	24300	27000

Разработана конечно-элементная модель изменения свойств композитных материалов с учетом физико-химических процессов коррозии бетона в различных условиях атмосферных климатических воздействий, представленная в конечно-элементном комплексе ANSYS [6].

В качестве объекта исследований рассматривалась консольная балка длиной 1 м и прямоугольным поперечным сечением 120×220 мм, армирование которой обеспечивалось тремя стальными стержнями диаметром 8 мм. Значение толщины защитного слоя бетона при условии эксплуатации в умеренной атмосферной среде принимаем 20 мм. Защитный слой модели через каждые 5 мм был разделен на объёмы с разными свойствами материалов, что позволяет моделировать процесс карбонизации бетона. Для расчётов приняты характеристики классов бетона по прочности $C_{12/15} - C_{25/30}$, поскольку при изготовлении железобетонных балок для зданий и сооружений повсеместно применяют бетоны данных классов прочности.

В результате вычислений получены схемы распределения напряжений и деформаций в элементах конструкции. Полученные результаты позволяют спрогнозировать несущую способность строительных конструкций с течением времени при влиянии карбонизации на физико-механические и химические свойства бетона, а также разработать своевременные меры по предотвращению разрушения конструкции.

Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Оценка граничных значений характеристик надежности для различных категорий технического состояния железобетонных конструкций / А. А. Васильев, В. М. Швед, В. О. Бондаренко // World science: problems and innovations : сб. статей XL Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2020. – С. 28–30.
- 2 Corrosion-induced bond strength degradation in reinforced concrete – Analytical and empirical models / K. Bhargava [et al.] // Nuclear Engineering and Design. – 2007. – Vol. 237, Is. 11. – P. 1140–1157.
- 3 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.
- 4 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
- 5 Неразрушающие методы оценки и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах : практ. пособие / Т. М. Пецольд [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 146 с.
- 6 **Шимановский, А. О.** Влияние физических и геометрических параметров включений на напряженно-деформированное состояние композита / А. О. Шимановский, А. Ю. Шуберт // Механика. Исследования и инновации. – 2019. – Вып. 12. – С. 206–211.

УДК 666.972.003

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА БЕТОНА

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для повышения объективности оценки и прогнозирования технического состояния железобетона предложен химический анализ бетона, входящий в комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК) с учетом карбонизации бетона [1].

Оценку экономического эффекта применения химического анализа бетона определяли, используя справочно [2]. Расчеты сметной стоимости работ выполняли в соответствии с [3].

Экономическая эффективность использования химического анализа на 100 м^2 конструкции

$$\Theta_k = Z_b - Z_{b,x}, \quad (1)$$

где Z_b – суммарные приведенные затраты для восстановления 100 м^2 строительной конструкции при отсутствии химического анализа, бел. руб.; $Z_{b,x}$ – суммарные приведенные затраты для восстановления 100 м^2 строительной конструкции по результатам химического анализа, с учетом его стоимости, бел. руб.

Суммарные приведенные затраты для восстановления 100 м^2 строительной конструкции при отсутствии химического анализа, бел. руб.,

$$Z_b = C_d \alpha_t, \quad (2)$$

где C_d – расчетная себестоимость единицы усиления 100 м^2 конструкции, определяемая по сметным нормам, бел. руб. (на 01.01.2022 г.); α_t – время, в годах, между моментом осуществления затрат и моментом приведения [2].

Суммарные приведенные затраты для восстановления 100 м^2 строительной конструкции по результатам химического анализа, с учетом его стоимости, бел. руб.,

$$Z_{b,x} = (C_d + C_x) \cdot \alpha_t \quad (3)$$

где C_x – сметная стоимость химического анализа образцов цементно-песчаной фракции бетона на 100 м^2 конструкции, бел. руб.

Экономический эффект на обследуемое здание

$$\Theta_3 = \frac{Z_b - Z_{b,x}}{100} \cdot F, \quad (4)$$

где F – площадь здания, м^2 .

В качестве примера рассмотрим экономический эффект использования химического анализа бетона плит покрытия. Вариант 1. Здание общественное. На момент обследования эксплуатируется 25 лет. Покрытие – плиты пустотного настила типа ПК. Кровля плоская, рулонная.

По результатам общего обследования техническое состояние плит признано не вполне удовлетворительным, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно [4].