

Необходимо отметить, что все вышеописанные методы имеют ограниченную область применения, а также не учитывают такие существенные при определении остаточного ресурса факторы, как резкое изменение условий эксплуатации и возможное воздействие особых нагрузок; наличие скрытых дефектов конструкций; качество изготовления конструкций; скорость деградации материалов конструкций и ее изменение. Кроме того, интенсивность износа для различных зданий, инженерных сооружений и условий эксплуатации изменяется в довольно широких пределах. Так, в зависимости от степени агрессивности среды, в соответствии с [1] скорость коррозии бетона варьируется в пределах от 0,4 до 4–6 мм/год, стальной арматуры – 0,4–1,8 мм/год. Кроме того, если в период нормальной эксплуатации для расчетов можно принять постоянную величину интенсивности износа ( $\lambda$ ), то с течением времени по данным [2] она увеличивается в конце срока эксплуатации примерно в три раза, и возрастает с до  $\lambda = 0,003$  до  $\lambda = 0,01$ .

Для объективного расчета остаточного ресурса зданий (сооружений) необходимо совершенствование системы назначения коэффициентов значимости и разработка методики, учитывающей изменение интенсивности износа в процессе эксплуатации объектов строительства. Коэффициенты значимости элементов (конструкций) необходимо назначать на основании экспертных оценок, учитывающих не только воспринимаемые ими нагрузки, но и социально-экономические последствия разрушения отдельных элементов (конструкций), характера разрушения (разрушения с предварительным оповещением посредством развития пластических деформаций или мгновенного хрупкого разрушения) и влияния разрушения на возможность обрушения соседних конструкций.

#### Список литературы

- 1 Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) / Л. М. Пухонто. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 424 с.
- 2 Бойко, М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М. Д. Бойко. – М. : Стройиздат, 1975. – 334 с.

УДК 624.012.45/46

### К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, Е. В. БЕЛЯЕВА, В. И. КИРЮШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Детальное обследование железобетонных элементов (ЖБЭ), включая в себя определение прочности бетона на сжатие, армирование (в том числе степень коррозионных повреждений стальной арматуры), с учетом выявленной поврежденности, позволяет достаточно точно оценить их техническое состояние.

Однако достаточно часто именно при незначительной поврежденности этого оказывается недостаточно для объективной оценки технического состояния железобетона, а ведь от ее результатов зависит объем комплекса мероприятий по восстановлению конструкций, требующий зачастую выполнения сложных, специфических работ квалифицированными исполнителями, материалоемкий и имеющий значительную стоимость.

Оценка прочностных характеристик неразрушающими (разрушающими) методами не позволяет оценить структурные изменения бетона и их влияние на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, что значительно снижает объективность оценки. В нее необходимо добавлять методы, позволяющие оценить коррозионное состояние бетона и состояние его защитных свойств по отношению к стальной арматуре. Таким методом является метод рН-метрии, основанный на определении величины показателя рН (водородного показателя водной вытяжки цементного камня), поскольку именно он определяет состояние защитных свойств по отношению к стальной арматуре [1].

По результатам общего (с элементами детального) обследования специалистами НИЛ «ДИИСМиК» (на момент обследования НИЛ «СКОиФ») им. профессора И. А. Кудрявцева была выполнена оценка технического ЖБЭ конструкций объекта незавершенного строительства «Лечебно-диагностический центр», расположенного на территории областной больницы по ул. Бр. Лизюковых в г. Гомеле.

Обследованное здание – каркасного типа. Общий вид объекта представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид обследованного объекта

Возведение здания начато в 1992 г. За время существования здания его строительство несколько раз приостанавливалось и вновь возобновлялось. Консервация объекта не производилась.

Размеры здания в плане – 54×42 м, высота этажа составляет 3,6 м.

Каркас здания составляют сборные железобетонные колонны сечением 400×400 мм и однополочные и двуполочные ригели (по серии 1.020-1/83). Перекрытия выполнены из плит пустотного настила типа ПК27.12, ПК 27.15, ПК 57.12, ПК 57.15 и ребристых сантехнических плит шириной 1,5 м.

Ограждение продольных и торцевых стен – стеновые трехслойные панели, частично смонтированные в уровнях 1–3-го этажей. Швы между стеновыми панелями неомоноличены.

По результатам обследования:

– техническое состояние 32 % плит перекрытий (464 шт.) признано неудовлетворительным, что соответствует IV категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016;

– техническое состояние остальных плит перекрытий (986 шт.) – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016;

– техническое состояние плит перекрытий здания в целом – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016.

Таким образом, техническое состояние большинства плит перекрытия не вполне удовлетворительное, что не требует специальных мер по их восстановлению. Однако с учетом того, что по результатам оценки технического состояния необходимо разрабатывать комплекс восстановительных мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию плит по своему функциональному назначению без ограничения на срок не менее 25 лет, необходимо уточнение состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, возможности развития коррозии стальной арматуры.

Для более объективной оценки состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре и, соответственно, технического состояния плит перекрытия был выполнен физический анализ образцов бетона плит, находящихся в не вполне удовлетворительном состоянии, в зоне расположения стальной арматуры. Методика выполнения экспресс-анализа и критерии оценки результатов приведены в [1].

- Результаты анализа образцов бетона защитного слоя плит перекрытий ( $pH = 9,60...12,13$ ) указывают:
- на неудовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (полная деградация бетона, полная потеря им защитных свойств по отношению к стальной арматуре и развитие коррозии арматуры различной степени интенсивности в условиях переменной влажности) – 37 % образцов;
  - не вполне удовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (деградация бетона средней степени интенсивности, возможность раскрытия трещин в местах расположения рабочей и конструктивной арматуры и развитие коррозии арматуры различной степени интенсивности в условиях переменной влажности) – 25 % образцов;
  - удовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (начало деградации бетона, свидетельствующее о потере бетоном защитных свойств по отношению к стальной арматуре, и возможное развитие коррозии арматуры в условиях переменной влажности) – 19 % образцов;
  - хорошее состояние бетона и стальной арматуры (сохранение бетоном своих защитных свойств по отношению к арматуре) – 19 % образцов.

Таким образом, только 38 % образцов позволяют утверждать об удовлетворительном состоянии бетона и его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, соответственно, об удовлетворительном техническом состоянии плит перекрытия. Для продолжения строительства, а затем длительной безопасной эксплуатации перекрытий необходимо уже на стадии продолжения строительства усиление не менее 37 % плит и обработка нижней поверхности плит составами проникающей гидроизоляции не менее 44 % плит.

Приведенное выше показывает, что физический анализ бетона (определение показателя  $pH$  водной вытяжки цементного камня в зоне расположения стальной арматуры) при выполнении обследования зданий и сооружений является необходимым условием обеспечения требуемой долговечности различных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся в разных воздушных средах.

#### 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.

УДК 624.012.45/46

### ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, Е. В. БЕЛЯЕВА, В. И. КИРЮШИНА, Е. В. СЕДУН  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железобетон во всем мире признан одним из самых экономичных, экологически чистых, надежных и долговечных строительных материалов. В настоящее время объем производства бетона и железобетона в мировом строительном комплексе по разным оценкам колеблется от 2 до 3 млрд  $m^3$  в год. В индустриально развитых странах на одного жителя затрачивается в год до 2  $m^3$  бетона и железобетона [1]. Таким образом, основную долю строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов. Массовость применения бетона и железобетона, многолетние сроки службы, условия эксплуатации от нормальных до сильноагрессивных, качество эксплуатации обуславливают значительную повреждаемость ЖБЭ (ЖБК).

Подавляющее большинство ЖБЭ и ЖБК эксплуатируются в различных атмосферных средах. Воздух – многокомпонентная газовая смесь. Уже в данной среде могут происходить процессы коррозии бетона и стальной арматуры посредством их контакта с  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$  [2]. Развитие мегаполисов и техническая революция, сопровождающиеся интенсивным развитием энергетики, металлургии, химической промышленности, всех видов транспорта, машиностроения, привели к значительному изменению состава воздушной среды (повышению её агрессивности), что в свою очередь вы-