

УДК 624.01/04

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Приведены результаты многолетних исследований карбонизации бетона и ее влияния на изменение технического состояния железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК). Показаны очень условное определение карбонизации и ее влияние на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре в современных нормативных документах и обоснована необходимость разработки белорусского нормативного документа, учитывающего влияние карбонизации на оценку и прогнозирование технического состояния ЖБЭ и ЖБК.

Введение. Поскольку основную долю элементов и конструкций зданий и сооружений составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов, а основным типом коррозии бетона, определяющим коррозионное состояние стальной арматуры и, как следствие, техническое состояние ЖБЭ и ЖБК, которые эксплуатируются в различных воздушных средах, является карбонизация бетона, изучению ее определяющих факторов уделяется значительное внимание [1, 2]. Однако, несмотря на многолетние исследования, у многочисленных авторов нет единого мнения ни на влияние карбонизации на физико-химические характеристики бетона, ни на влияние технологических и климатических факторов на развитие карбонизации.

Поскольку результаты исследований ученых и практиков не только значительно отличаются, но и зачастую носят противоречивый характер, это не позволяет прийти к единому мнению о механизме карбонизации, модели ее развития во времени по сечению бетона, и, соответственно, о способах ее оценки и прогнозирования. Кроме того, лишь в отдельных работах выполнены попытки прогнозирования долговечности ЖБЭ и ЖБК с учетом процессов карбонизации бетона [3].

Результаты экспериментов и их обсуждение. Задачей исследований явился анализ положений по определению карбонизации в существующих нормативных документах.

Оценка карбонизации и прогнозирование ее развития важны, прежде всего, с точки зрения изменения во времени защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре и, соответственно, влияния карбонизации на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК. Известно, что состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре определяется величиной показателя рН (показателя водной вытяжки цементного камня), значение которого, в свою очередь, обуславливается степенью карбонизации бетона.

Оценка степени карбонизации бетона осуществляется нормативными документами (в Европе – EN 13295, EN 14630, в Республике Беларусь – СТБ 1481) на основе использования фенолфталеинового теста (ФФТ), в соответствии с которым значение толщины прокарбонизированного слоя (потерявшего свои защитные свойства по отношению к стальной арматуре) определяется границей резкого перехода окраски цементно-песчаной фракции бетона.

При использовании данных документов для оценки и

прогнозирования технического состояния ЖБЭ и ЖБК с учетом карбонизации возникают очень серьезные вопросы:

- в зоне нанесения индикатора ФФТ показывает изменение показателя рН в пределах 8,3 до 14;
- в зоне резкого перехода цвета цементно-песчаной фракции значение показателя рН составляет $\approx 10,3$ [4];
- общепринято, что при рН = 9,0 бетон полностью теряет свои защитные свойства по отношению к стальной арматуре [1];
- в соответствии с термодинамическими расчетами В. И. Бабушкина [5] коррозия стальной арматуры возможна при рН < 11,8;

Таким образом, значение рН = 10,3 не является граничным и никак не позволяет корректно судить о степени потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Кроме того, отсутствуют критерии оценки потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, что не позволяет судить о техническом состоянии ЖБЭ и ЖБК и тем более прогнозировать его изменение

К приведенному выше добавляются вопросы к оценке параметров карбонизации:

- реакция карбонизации объясняется на основе теоретического расчета проскока молекул CO_2 вглубь бетона за границу нейтрализованного слоя до момента их полного поглощения, и глубина зоны реакции не превышает 1 мм, что не подтверждается экспериментальными результатами исследования взаимодействия углекислого газа воздуха с гидроксидом кальция, составляющей основу поровой жидкости бетона, в соответствии с которыми реакция происходит в тонком поверхностном слое раствора с возникновением и ростом кристаллов карбоната без отвода продуктов реакции [2];

– общепринятый механизм определяет течение карбонизации линейно вглубь бетона, что совершенно не соответствует протеканию карбонизации в реально эксплуатируемых ЖБЭ и ЖБК, в бетоне которых течение карбонизации по сечению во времени изменяется по сложной экспоненциальной зависимости [1, 2];

- скорость карбонизации определяется эффективным коэффициентом диффузии CO_2 (D'), искусственно введенным для увязки параметров карбонизации с величиной прокарбонизированного слоя, в соответствии с которым процесс карбонизации характеризуется 1-м законом Фика, что абсолютно не подтверждается результатами исследования образцов бетона (лабораторных

и отобранных из реально эксплуатируемых элементов), в соответствии с которыми D' не является величиной постоянной для определенного состава бетона, а изменяется во времени по сечению бетона по сложной экспоненциальной зависимости;

– степень карбонизации бетона характеризуется содержанием химически связанного цементным камнем диоксида углерода (CO_2) в виде карбоната кальция, т. е. его количеством, что не только нелогично, но и просто непонятно, поскольку степень любого параметра должна определять отношение величин, но никак не количество; поскольку заявлено определение степени карбонизации, то, соответственно, не только целесообразно, но и необходимо определять карбонатную составляющую (показатель КС, %), т. е. количество образовавшегося карбоната кальция (CaCO_3), поскольку именно его образование вызывает структурные изменения бетона, приводя к его деградации;

– в результате анализа (СТБ 1481) определяется степень карбонизации бетона с точностью до 0,2 %. Полученная абсолютная величина, %, ни с чем не сравнивается. Отсутствуют критерии оценки состояния бетона и, как следствие, неясен смысл проведения анализа.

Приведенное выше, по-видимому, и определяет различие у разных авторов величин D' на несколько порядков для бетонов, выполненных из одинаковых составов и исследовавшихся в схожих условиях, а также, отсутствие единого мнения об изменении плотности, пористости, прочности бетона под воздействием карбонизации и влиянии технологических факторов на изменение карбонизации [2].

Таким образом, становится ясно, что существующий метод оценки и прогнозирования карбонизации бетона и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, основанный на ФФТ и рекомендуемый Европейскими и белорусскими нормами, является частным случаем и не может быть рекомендован для использования при оценке и прогнозировании технического состояния реально эксплуатируемых ЖБЭ и ЖБК с учетом карбонизации бетона. Необходимо разработка национального нормативного документа по определению карбонизации и оценке технического состояния ЖБЭ и ЖБК с учетом процессов карбонизации бетона. При его разработке может быть использован комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК), основанный на многолетних авторских исследованиях карбонизации бетона и ее влияния на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах [6], включающий в себя методики оценки и прогнозирования карбонизации бетона и состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре защитного слоя бетона, состояния стальной арматуры и технического состояния ЖБЭ (ЖБК) в целом.

Получено 28.05.2017

A. A. Vasilyev. On the issue of the need to take into account the carbonation of concrete in the regulatory documents of the Republic of Belarus on the assessment of the technical condition of reinforced concrete elements and structures.

The results of long-term studies of carbonization of concrete and its influence on the change in the technical state of reinforced concrete elements and structures are presented. It shows a very conditional definition of carbonization and its effect on the protective properties of concrete in relation to steel reinforcement with modern regulatory documents and the need to develop a Belarusian normative document that takes into account the effect of carbonation on the evaluation and prediction of the technical condition of concrete and ferro-concrete.

Он позволяет в зависимости от цели исследования:

– оценивать и прогнозировать карбонизацию бетона (карбонатную составляющую и степень карбонизации);

– оценивать изначальное содержание цемента, кг/м^3 , в бетоне;

– оценивать и прогнозировать состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре как в зоне расположения арматуры, так и по сечению ЖБЭ (ЖБК) по физико-химическим показателям бетона;

– оценивать техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) по физико-химическим показателям бетона защитного слоя и прогнозировать его по химическим показателям бетона защитного слоя;

– в зависимости от полученного (прогнозируемого) при обследовании технического состояния ЖБЭ рекомендовать комплекс мероприятий по их восстановлению для дальнейшей длительной, безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

Заключение. Выполненные исследования позволили обосновать необходимость создания на основе результатов реальных исследований параметров карбонизации и ее влияния на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК нормативного документа Республики Беларусь для качественного повышения объективности детального обследования зданий и сооружений.

Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.

2 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.

3 **Кудрявцев, И. А.** Исследование равномерности глубины залегания карбонизированного слоя по глубине в балке пролетного строения / И. А. Кудрявцев, В. П. Богданов // Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительства зданий и сооружений, подготовки инженерных кадров для строительной отрасли : материалы VII Междунар. науч.-практ. семинара. – Минск : Стринко, 2001. – С. 227–229.

4 **Кудрявцев И. А.** Исследование карбонизации железобетонных конструкций с длительным сроком эксплуатации / И. А. Кудрявцев, В. П. Богданов // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т. 5. – № 3. – С. 97–100.

5 **Бабушкин, В. И.** Термодинамика силикатов / В. И. Бабушкин, Г. М. Матвеев, О. П. Мчедлов-Петросян; под ред. О. П. Мчедлова-Петросяна. – 4-е изд. – М. : Стройиздат, 1986. – 408 с.

6 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационные процессы в науке и образовании : [монография] / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – 204 с.