

Васильев Александр Анатольевич, канд. техн. наук,
доцент, заведующий кафедрой, УО «Белорусский
государственный университет транспорта»,
г. Гомель (Беларусь)

Шевченко Дмитрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент,
УО «Белорусский государственный университет
транспорта», г. Гомель (Беларусь)

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ВОЗДУШНЫХ СРЕДАХ

COMPLEX METHOD OF THE ASSESSMENT AND FORECASTING OF TECHNICAL CONDITION OF THE FERROCONCRETE ELEMENTS AND DESIGNS WHICH ARE OPERATED IN AIR ENVIRONMENTS

АННОТАЦИЯ

На основании многолетних исследований карбонизации бетона и ее влияния на техническое состояние железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) разработан метод оценки и прогнозирования состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, состояния стальной арматуры и технического состояния железобетонных элементов и конструкций в целом, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, с учетом карбонизации бетона.

Для автоматизации расчетов и повышения удобства использования полученных результатов разработан программный продукт – вычислительный комплекс «ОКАВА». Он позволяет оперативно оценивать и прогнозировать для предполагаемых условий эксплуатации состояние бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, состояние стальной арматуры и техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) в целом.

ABSTRACT

On the basis of long term investigations of concrete carbonation and its influence on reinforced concrete elements (RCE) and constructions (RCC) condition there was developed a calculating graphical method of concrete technical state forecast estimation, its protective properties in relation to steel reinforcement, condition and

technical condition of reinforced concrete elements and constructions in general, which are exploited in atmospheric environment taking into consideration concrete carbonation.

For calculation automation and convenience in use of results obtained it was developed a program complex – calculating complex OKAWA. It allows to estimate and forecast on-line for suggested concrete exploitation conditions the state or the concrete, its protective properties in relation to steel reinforcement, the condition of the reinforcement and technical condition of RCE (RCC).

ВВЕДЕНИЕ

Оценка технического состояния ЖБЭ и ЖБК сегодня выполняется по результатам общего либо детального обследования на основании определения степеней значимости и распространения выявленных дефектов и повреждений и анализа их влияния на техническое состояние ЖБЭ (ЖБК). Однако любой дефект (повреждение) является конечной стадией развития внутренних напряжений, обусловленных действием различных факторов.

Так, для возникновения и развития повреждений, важнейшую роль играют структурные изменения бетона, происходящие под воздействием агрессивных компонентов эксплуатационной среды.

Для ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, основным фактором, определяющим коррозионное состояние бетона и стальной арматуры, и как следствие, техническое состояние железобетонных элементов и конструкций, является карбонизация бетона.

На сегодняшний день, несмотря на многочисленные исследования карбонизации различными авторами, нет единого мнения ни о механизме, ни о способах ее оценки, что вызвано, в первую очередь, применением методов определения толщины прокарбонизированного бетона, не позволяющих объективно оценивать и прогнозировать величину и скорость развития карбонизации и как следствие, ее влияние на техническое состояние ЖБЭ (ЖБК).

Результаты исследований

По результатам многолетних исследований развития карбонизации [1,2] предложены регрессионные расчетно-экспериментальные модели изменения во времени по сечению бетонов различных классов по прочности карбонатной составляющей (КС), степени карбонизации (СК) и степени потери защитных свойств бетона по отношению к стальной

арматуре (СПЗ_к) для ЖБЭ (ЖБК), эксплуатирующихся в различных атмосферных средах.

По результатам анализа состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре и состояния стальной арматуры от величин физико-химических показателей бетона защитного слоя назначены критерии оценки технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в воздушных средах [1, 2].

На основании предложенных моделей карбонизации, назначенных критериев оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК), разработан комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях, с учетом карбонизации [2].

Предлагаемый комплексный метод позволяет:

- оценивать и прогнозировать карбонизацию бетона (карбонатную составляющую, степень карбонизации бетона) по сечению ЖБЭ и ЖБК;
- оценивать и прогнозировать состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре по сечению бетона ЖБЭ и ЖБК;
- на основании полученных результатов по предложенным регрессионным расчетно-экспериментальным моделям изменения во времени по сечению бетона показателей карбонизации и критериям оценки технического состояния ЖБЭ оценивать и прогнозировать техническое состояние ЖБЭ и ЖБК.

Он представляет собой набор методик, и его укрупненная структурная схема приведена на рисунке 1.

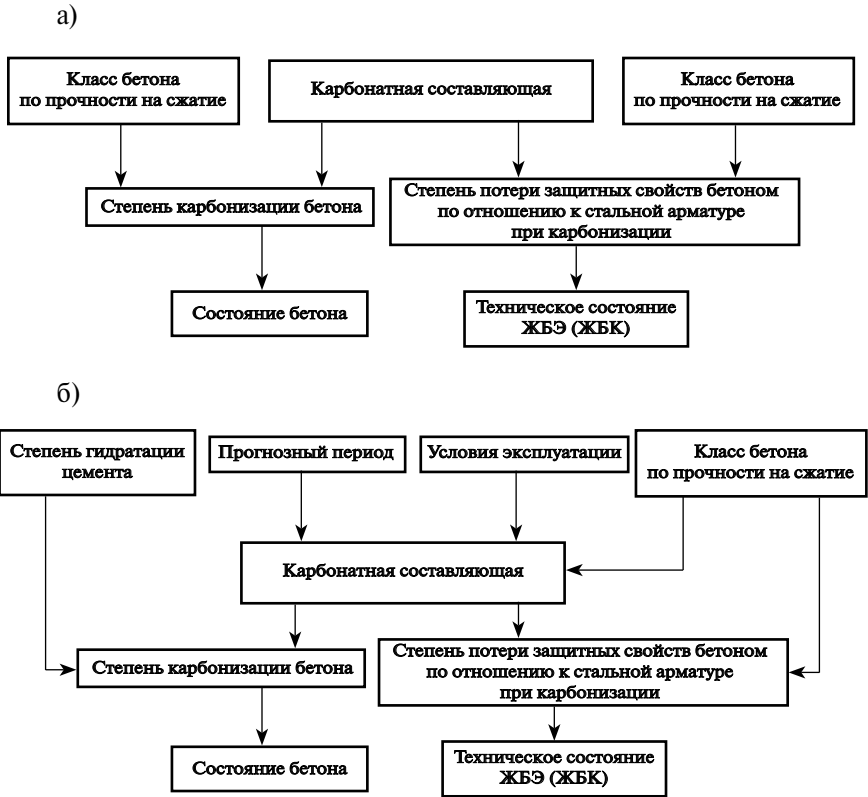


Рисунок 1. Структурная схема комплексного метода оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК), эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях, с учетом карбонизации бетона:

- а) – блок оценки состояния бетона и технического состояния ЖБЭ (ЖБК);
 б) – блок прогнозирования состояния бетона и технического состояния ЖБЭ (ЖБК)

Комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях, с учетом карбонизации бетона, дает возможность не только более объективно оценивать и прогнозировать техническое состояние железобетонных элементов и конструкций, но и оптимально выбирать, в зависимости от результатов обследования, способы и методы их восстановления, позволяя значительно сократить эксплуатационные расходы для обеспечения необходимой долговечности ЖБЭ и ЖБК [2]. Он, по сути, является дополнительным неразрушающим методом

детального обследования ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах.

Для практической реализации предложенного комплексного метода разработан способ оценки и прогнозирования состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, состояния стальной арматуры и технического состояния железобетонных элементов и конструкций в целом, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, с учетом карбонизации бетона, основанный на статистических моделях (полученных для различных классов бетона и условий эксплуатации).

Способ оценки и прогнозирования структурно разделен на несколько блоков, реализующих различные взаимно увязанные функции:

- блок расчета предельной величины карбонизации (показателя ПВК) по составу бетона;
- блок расчета степени гидратации цемента (α);
- блок расчета степени карбонизации бетона (показателя СК);
- блок расчета степени потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре при карбонизации (показателя СПЗ_к);
- блок расчета прогнозируемого значения карбонатной составляющей (показателя КС_{прог}) на стадии проектирования ЖБЭ (ЖБК);
- блок расчета прогнозируемого значения КС_{прог} для реально эксплуатируемого ЖБЭ (ЖБК);
- блок расчета прогнозируемого значения СК_{прог} на стадии проектирования ЖБЭ (ЖБК);
- блок расчета прогнозируемого значения СК_{прог} для реально эксплуатируемого ЖБЭ (ЖБК);
- блок расчета прогнозируемого значения СПЗ_{к прог} на стадии проектирования ЖБЭ (ЖБК);
- блок расчета прогнозируемого значения СПЗ_{к прог} для реально эксплуатируемого ЖБЭ (ЖБК);
- блок критериев оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК), с учетом карбонизации бетона.

Для облегчения работы, повышения точности расчетов, улучшения наглядности полученных результатов при реализации предложенных оценочных и прогнозных показателей разработан соответствующий программный комплекс «ОКАВА».

Его структурная схема представлена на рисунке 2.

Структурная схема предлагаемого программного продукта состоит из 6 основных блоков. Структурные схемы отдельных блоков приведены на рисунках 3, 4.

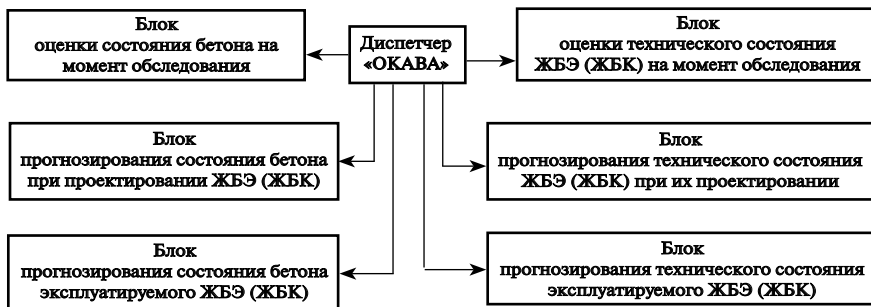


Рисунок 2. Структурная схема программного комплекса «ОКАВА»



Рисунок 3. Структурная схема блока оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК) на момент обследования



Рисунок 4. Структурная схема блока прогнозирования технического состояния эксплуатируемого ЖБЭ (ЖБК)

Все основные результаты расчетов выводятся в окна программы. Отдельные окна оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК) представлены на рисунках 5 и 6.

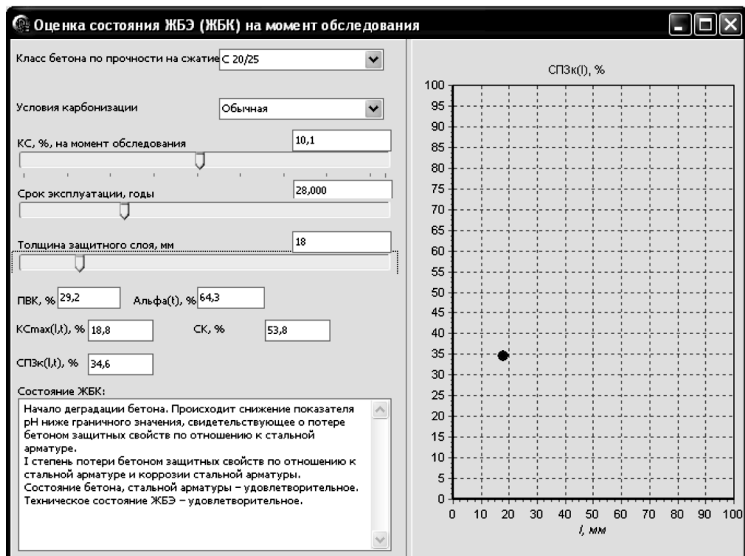


Рисунок 5. Окно компьютерной программы для оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК) на момент обследования

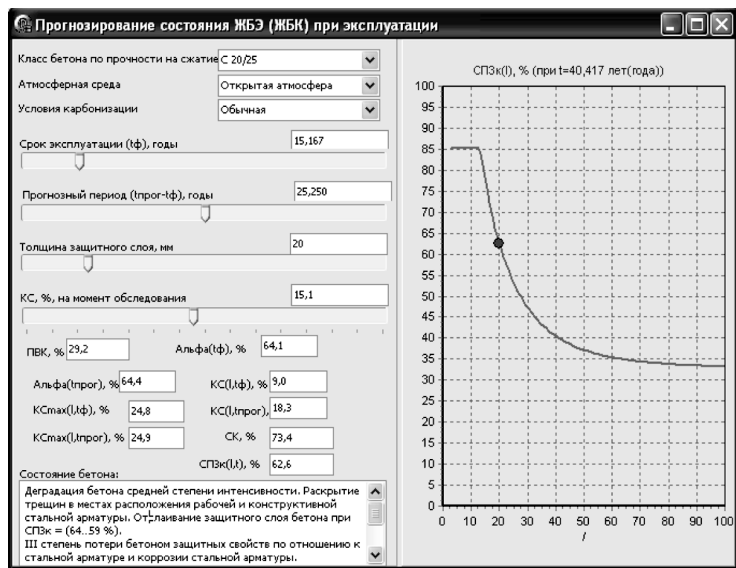


Рисунок 6. Окно компьютерной программы для прогнозирования технического состояния эксплуатируемого ЖБЭ (ЖБК)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программный комплекс «ОКАВА» позволяет оперативно оценивать и прогнозировать для предполагаемых условий эксплуатации состояние бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, состояние стальной арматуры и техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) в целом.

Он может использоваться специалистами проектных организаций и организаций, занимающимися обследованием зданий и сооружений, а также студентами высших учебных заведений при изучении дисциплин, связанных с долговечностью бетона и железобетона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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.

Статья поступила в редколлегию 26.11.2014