

формулы метода разброс в значениях ФИ для одного здания будет неприемлемо велик, при этом после капитального ремонта в большинстве зависимостей величина ФИ уменьшается до 0 %, чего в реальности быть не может. Если в качестве примера принять  $t = 18$  лет,  $T = 150$  лет,  $t_1 = 32$  года, разброс значений величин ФИ, рассчитанных по формулам В. С. Сроковского для различных условий эксплуатации, составит от 1,4 до 82,4 %, что совершенно не позволяет получать объективные результаты оценки ФИ.

Из этого следует, что применение расчетных методик определения физического износа, основанных на временном методе определения физического износа, неприемлемо не только для отдельных зданий и сооружений, но и даже при массовых технических инвентаризациях объектов недвижимости.

Для корректной оценки ФИ зданий и сооружений необходимо использовать методики, основанные на реальной оценке поврежденности строительных конструкций по результатам осмотров и обследований. В нашей стране ФИ зданий и сооружений определяется на основе ТПК 45-1.04-208-2010 (02250). Многолетний авторский опыт обследования зданий и сооружений с оценкой их ФИ показал, что данный документ в своей основе повторяет ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий» и ему присущи несовершенства оценки физического износа

– существенная обобщенность признаков износа (отсутствие многих значимых дефектов и повреждений); отсутствие многих конструкций не только из современных материалов, но и эксплуатирующихся десятки лет;

– неравноценность признаков износа в одном интервале ФИ, что при интерполяции по признакам износа дает одинаковое количество процентов износа признакам, описывающим различную степень повреждений;

– значительный интервал износа (0–40 % для некоторых конструкций), объединяющий в себе сразу несколько категорий технического состояния конструкций;

– недостаточная точность, а ведь зачастую разница даже в 5 % приводит к рассмотрению вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации здания (сооружения).

Поскольку в данном документе добавлена возможность оценки ФИ промышленных зданий, также необходимо (помимо уже отмеченных), отметить некоторые несовершенства:

– отсутствие описаний признаков износа многих значимых элементов либо конструкций (плиты ребристые, покрытие из стальных профилированных листов и др.);

– сложность и невозможность применения без специальных приборов и оборудования математической модели определения ФИ.

В заключение можно сделать вывод, что все приведенные данные указывают на необходимость усовершенствования существующих методик оценки и прогнозирования ФИ зданий и сооружений.

УДК 666.94

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ КЛАССЫ БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ С УЧЕТОМ КАРБОНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшими факторами, определяющими долговечность эксплуатирующихся железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) являются коррозионные процессы в бетоне и стальной арматуре. В свою очередь коррозионные процессы в ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, определяются карбонизацией бетона, создающей условия для возникновения и развития коррозионных процессов различной степени интенсивности в стальной арматуре, что обуславливает актуальность исследования карбонизации бетона и ее влияния на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях.

Многолетние исследования кинетики и механизма карбонизации бетона и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре позволили получить расчетно-экспериментальную модель карбонизации бетона и по ней расчетно-экспериментальные

модели изменения степени карбонизации во времени по сечению бетонов классов по прочности  $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$  для различных условий эксплуатации.

Для возможности определения минимальных классов бетона по прочности в ЖБЭ и ЖБК, обеспечивающих их требуемую долговечность при эксплуатации в различных атмосферных условиях, исследовали совместно регрессионные зависимости изменения по сечению показателей щелочности поровой жидкости и степени карбонизации бетона для различных сроков и условий эксплуатации [1, 2].

В качестве граничных значений были приняты  $pH = 11,8$  (значение щелочности, при котором, по термодинамическим исследованиям В. И. Бабушкина, бетон теряет свои защитные свойства по отношению к стальной арматуре) и  $pH = 11,2$  (поскольку, в соответствии с авторскими исследованиями [1], при  $pH \approx 11,0$  устойчиво наблюдается начало развития коррозии стальной арматуры в соответствующих условиях). Получили значения степеней карбонизации, соответственно  $СК \approx 17$  и  $27\%$ .

Анализировали возраст бетона толщин защитного слоя 20 и 25 мм (для различных условий эксплуатации), при котором степень его карбонизации достигает граничных значений, и по результатам анализа определили минимальные классы бетона по прочности, которые возможно рекомендовать при проектировании ЖБЭ и ЖБК для различных условий эксплуатации с обеспечением межремонтного периода 25 и 50 лет без применения специальных мер по предотвращению коррозии стальной арматуры.

Результаты исследований приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Условия сельскохозяйственных помещений

Параметр	Степень карбонизации, %			
	17 (pH = 11,8)		27 (pH = 11,2)	
	Прогнозируемый возраст, лет			
Толщина защитного слоя, мм:	25	50	25	50
20	$>C^{30}/_{37}$	$>>C^{30}/_{37}$	$C^{18}/_{22,5}$	$C^{22}/_{27,5}$
25	$C^{25}/_{30}$	$C^{30}/_{37}$	$C^{16}/_{20}$	$C^{16}/_{20}$

Таблица 2 – Условия открытой атмосферы

Параметр	Степень карбонизации, %			
	17 (pH = 11,8)		27 (pH = 11,2)	
	Прогнозируемый возраст, лет			
Толщина защитного слоя, мм:	25	50	25	50
20	$C^{30}/_{37}$	$>C^{30}/_{37}$	$C^{16}/_{20}$	$C^{20}/_{25}$
25	$C^{20}/_{25}$	$C^{28}/_{35}$	$C^{12}/_{15}$	$C^{16}/_{20}$

Таблица 3 – Условия общественных помещений и промышленных зданий с неагрессивной средой

Параметр	Степень карбонизации, %			
	17 (pH = 11,8)		27 (pH = 11,2)	
	Прогнозируемый возраст, лет			
Толщина защитного слоя, мм:	25	50	25	50
20	$C^{30}/_{37}$	$>C^{30}/_{37}$	$C^{16}/_{20}$	$C^{18}/_{22,5}$
25	$C^{22}/_{27,5}$	$C^{25}/_{30}$	$C^{12}/_{15}$	$C^{16}/_{20}$

#### 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.

УДК 539.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СЭНДВИЧ-ОБОЛОЧКИ ПРИ ЕЕ СВОБОДНЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ СЛОЕВ

С. А. ВОРОБЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Представлена постановка задачи о динамическом нагружении круговой цилиндрической оболочки, выполненной из изотропных материалов в виде трехслойного пакета. Пакет несимметричен