

КРИТЕРИИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОЙ АТМОСФЕРЫ

Е. В. БЕЛЯЕВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Проблема карбонизации бетона для эксплуатационных условий открытой атмосферы обусловлена следующими факторами:

– увеличением концентрации углекислого газа в воздухе. С начала XIX века до середины 80-х гг. прошлого столетия содержание CO_2 увеличилось с 0,028 до 0,035 %. В связи с индустриализацией и активным потреблением ископаемых видов топлива (таких как газ, нефть, уголь), а также вследствие выкорчевывания лесов, концентрация CO_2 в последующие годы постоянно увеличивалась и на сегодняшний день составляет уже порядка 0,04 %;

– постоянными перепадами температур (в том числе с переходом через 0°C) в течение года;

– относительной влажностью воздуха до 100 %.

В соответствии с СТБ EN 206-1-2011 «Бетон. Часть 1. Требования, показатели, изготовление и соответствие» условия эксплуатации открытой атмосферы (область ускоренной карбонизации) относятся к категории по условиям эксплуатации ХС4, для которой минимальным классом бетона по прочности при планируемом сроке службы – 50 лет является $\text{C}^{30}/_{37}$. В СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции» для данной категории по условиям эксплуатации и планируемого срока службы минимальный класс бетона по прочности – $\text{C}^{25}/_{30}$.

Для проверки возможности использования бетонов в эксплуатационных условиях открытой атмосферы исследовали совместно зависимости распределения по сечению бетона степени карбонизации (СК) и щелочности поровой жидкости образцов бетона, отобранных из ЖБЭ, эксплуатировавшихся разные сроки. Устанавливали граничные значения степеней карбонизации для граничных значений щелочности поровой жидкости (показателя рН).

Граничные значения показателя рН принимали по результатам исследований зависимости коррозионных повреждений стальной арматуры от состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Были приняты два граничных условия: 1 – рН = 11,3 – образование сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,1 мм; 2 – рН = 10,3 – образование сплошной коррозии стальной арматуры глубиной до 0,5 мм. Им соответствуют значения СК = 18 и 36 %.

В ходе исследований анализировали межремонтный срок эксплуатации бетона – 25 лет и планируемый срок эксплуатации – 50 лет для толщин защитного слоя 10, 15, 20 и 25 мм. По результатам анализа определяли минимальные классы бетона по прочности, которые допустимо применять при проектировании ЖБЭ и ЖБК для эксплуатационных условий открытой атмосферы. Полученные результаты приведены в табл. 1 и 2.

Табл. 1. Возраст бетона при достижении граничных значений СК для эксплуатационных условий открытой атмосферы

Класс бетона по прочности на сжатие	В годах							
	Степень карбонизации, %							
	18 (рН=11,3)				36 (рН=10,3)			
	Толщина защитного слоя, мм							
	10	15	20	25	10	15	20	25
C ¹² / ₁₅	0,01	0,01	0,90	4,80	4,20	16,0	49,0	>100
C ¹⁶ / ₂₀	0,10	1,00	5,00	20,0	10,0	38,0	>100	>100
C ¹⁸ / _{22,5}	0,10	1,20	7,60	24,5	14,8	56,0	>100	>100
C ²⁰ / ₂₅	0,20	2,30	10,0	39,0	19,0	68,0	>100	>100
C ²² / _{27,5}	0,30	2,80	13,0	48,0	21,8	80,0	>100	>100
C ²⁵ / ₃₀	0,50	4,50	19,7	60,0	31,0	95,0	>100	>100
C ²⁸ / ₃₅	0,90	5,40	28,0	100	48,0	>100	>100	>100
C ³⁰ / ₃₇	1,00	8,00	35,0	>100	56,0	>100	>100	>100

Табл. 2. Минимальный класс бетона по прочности на сжатие для эксплуатационных условий открытой атмосферы

Толщина защитного слоя, мм	Степень карбонизации, %			
	18 (рН=11,3)		36 (рН=10,3)	
	Прогнозируемый возраст, лет			
	25	50	25	50
10	>>C ³⁰ / ₃₇	>>C ³⁰ / ₃₇	C ²⁵ / ₃₀	C ³⁰ / ₃₇
15	>>C ³⁰ / ₃₇	>>C ³⁰ / ₃₇	C ¹⁶ / ₂₀	C ¹⁸ / _{22,5}
20	C ²⁸ / ₃₅	>C ³⁰ / ₃₇	C ¹² / ₁₅	C ¹⁶ / ₂₀
25	C ²⁰ / ₂₅	C ²⁵ / ₃₀	C ¹² / ₁₅	C ¹² / ₁₅

Анализ полученных результатов показывает, что при проектировании ЖБЭ для планируемого срока службы 50 лет и достижении первого граничного условия (СК = 18 %; рН = 11,3) для толщины защитного слоя 20 мм необходимо применять бетон класса по прочности выше C³⁰/₃₇, с толщиной защитного слоя 25 мм – не ниже C²⁵/₃₀. При достижении второго граничного условия (СК = 36 %; рН = 10,3) для толщины защитного слоя 20 мм – бетон класса по прочности не ниже C¹⁶/₂₀, с толщиной защитного слоя 25 мм – C¹²/₁₅.

Приведенные результаты анализа указывают на упрощенное принятие в нормативных документах минимального класса бетона по прочности на сжатие для эксплуатационной среды открытой атмосферы с учетом процесса карбонизации, поскольку он будет зависеть не только от прогнозируемых эксплуатационных условий, но и от принятой толщины защитного слоя и скорости протекания процессов карбонизации.