

УДК 624.011.2:692.46(476.2)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА ВО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕННОЙ АГРЕССИВНОСТИ

ВАСИЛЬЕВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ

к.т.н., доцент

КАБЫШЕВА ЮЛИЯ КОНСТАНТИНОВНА

аспирант

БУКАС ВЛАДИСЛАВ ВИТАЛЬЕВИЧ

магистрант

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Аннотация: На основе исследования карбонизации бетона получены логарифмические зависимости изменения во времени максимальной карбонизации бетона для бетонных смесей марок по удобоукладываемости П1, Ж1 и Ж2. Путем их анализа с разбиением на временные участки, получены линейные зависимости изменения во времени максимальной карбонизации для классов бетона по прочности на сжатие $C^{12/15}$ – $C^{30/37}$ для различных составов и эксплуатационных условий сельскохозяйственных зданий.

Ключевые слова: бетон, максимальная величина карбонизации, линейная зависимость.

ADDITION STUDY CHANGES IN MAXIMUM CONCRETE CARBONIZATION OVER TIME FOR OPERATING CONDITIONS INCREASED AGGRESSIVENESS

Vasiljev Alexander Anatoljevich,
Kabysheva Uliya Konstantinovna,
Bucas Vladislav Vitalyevich

Abstract: Based on the study of concrete carbonization, logarithmic dependencies of changes in the time of maximum concrete carbonization were obtained for concrete mixtures of grades of M1, H1 and H2 workability. By analyzing them with division into time sections, linear dependencies of changes in the time of maximum carbonization for concrete classes in terms of compressive strength $C^{12/15}$ – $C^{30/37}$ for various compositions and operational conditions of agricultural buildings are obtained.

Keywords: concrete, maximum carbonization value, linear dependence.

По результатам многолетних исследований на основе определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона (показателя КС) [1, 2] получены зависимости начальной карбонизации бетона, изменения карбонизации во времени по сечению бетонов различных классов по прочности на сжатие для разных эксплуатационных сред и предложены понятия предельной и максимальной величин карбонизации бетона [2–5].

Максимальная величина карбонизации бетона во времени (МВК_в) позволяет прогнозировать по определенным по факту (расчетным) значениям карбонатной составляющей (показателя КС) степень

фактической карбонизации бетона, определяющей состояние его защитных свойств по отношению к стальной арматуре [6].

Для каждого класса бетона по прочности на сжатие, с учетом расчетного содержания цемента, в общем виде

$$MBK_{\text{в}} = \alpha_1 (1 + \alpha_2 \lg t), \quad (1)$$

где α_1 – коэффициент, определяющий начальную карбонизацию, %; α_2 – коэффициент развития карбонизации, 1/год; t – время карбонизации, годы.

Зависимости $MBK_{\text{в}} = f(\rho_{\text{р}}, t)$ получены для бетонных смесей марок по удобоукладываемости П1, Ж1 и Ж2 и различных эксплуатационных условий.

Среди эксплуатационных условий, действующих на строительные объекты, наиболее агрессивными являются условия сельскохозяйственных зданий [1, 2].

Зависимости изменения во времени показателя $MBK_{\text{н}}$ для классов бетона по прочности на сжатие $C^{12/15}$ – $C^{50/60}$ (смесей марок по удобоукладываемости П1) эксплуатационных условий сельскохозяйственных зданий для областей обычной (О) и ускоренной (У) карбонизации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимости $MBK_{\text{в}} = f(\rho_{\text{р}}, t)$ для классов бетона по прочности на сжатие $C^{12/15}$ – $C^{50/60}$ смесей марки по удобоукладываемости П1

Класс бетона по прочности на сжатие	Условия эксплуатации	
	СХ О	СХ У
$C^{12/15}$	$18,0 + 1,36 \lg t$	$20,0 + 3,16 \lg t$
$C^{16/20}$	$20,9 + 1,14 \lg t$	$22,5 + 2,66 \lg t$
$C^{18/22,5}$	$22,1 + 1,05 \lg t$	$23,7 + 2,46 \lg t$
$C^{20/25}$	$23,3 + 0,976 \lg t$	$24,7 + 2,27 \lg t$
$C^{22/27,5}$	$24,4 + 0,904 \lg t$	$25,7 + 2,11 \lg t$
$C^{25/30}$	$25,1 + 0,830 \lg t$	$26,3 + 1,94 \lg t$
$C^{28/35}$	$27,5 + 0,738 \lg t$	$28,6 + 1,72 \lg t$
$C^{30/37}$	$28,0 + 0,694 \lg t$	$29,0 + 1,62 \lg t$
$C^{32/40}$	$28,3 + 0,622 \lg t$	$29,2 + 1,45 \lg t$
$C^{35/45}$	$28,5 + 0,582 \lg t$	$29,2 + 1,22 \lg t$
$C^{40/50}$	$28,1 + 0,429 \lg t$	$28,8 + 0,999 \lg t$
$C^{45/55}$	$27,7 + 0,356 \lg t$	$28,3 + 0,829 \lg t$
$C^{50/60}$	$27,2 + 0,290 \lg t$	$27,6 + 0,680 \lg t$

Для возможности определения времени наступления граничных значений степеней фактической карбонизации бетона (СФК) необходимо использование линейной (либо близкой) зависимости $MBK_{\text{в}} = f(\rho_{\text{р}}, t)$.

Выражение (1) представляет собой логарифмическую зависимость развития во времени показателя $MBK_{\text{н}}$. Однако, анализ зависимости (1) показывает на возможность преобразования и использования ее в линейном виде. Так, для ее преобразования, необходимо разбить зависимость на временные участки.

Наиболее значительные изменения кривой происходят на участках 0...1, 1...10 и 10...50 лет. Поскольку речь идет о долговечности железобетона (определении степени фактической карбонизации) участок 0...1 год можно вообще исключить, так как для любых классов бетона по прочности на сжатие и эксплуатационных условий, долговечность бетона (железобетона) менее одного года неприемлема и не может рассматриваться.

Потеря бетоном защитных свойств по отношению к стальной арматуре (для различных значений толщины защитного слоя бетона) происходит в возрасте 1...10 лет (для эксплуатационных условий сель-

скохозащитных зданий), что соответствует второму участку.

И, третий участок 10...50 лет, соответствует времени образования и развития коррозии стальной арматуры различных степеней.

Зависимости $МВК_{в} = f(C_p, t)$ для смесей марки по удобоукладываемости П1 для различных временных интервалов и условий эксплуатации СХ О и СХ У приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Зависимости $МВК_{в} = f(C_p, t)$ для смесей марки по удобоукладываемости П1 для различных временных интервалов и условий эксплуатации СХ О

Класс бетона по прочности на сжатие	Временной интервал, лет			
	1–10	Коэфф. дет., R ²	10–50	Коэфф. дет., R ²
C ¹² / ₁₅	0,136t + 18,1	0,9057	0,023t + 19,2	0,9473
C ¹⁶ / ₂₀	0,114t + 21,0		0,019t + 21,9	
C ¹⁸ / _{22,5}	0,105t + 22,2		0,018t + 23,1	
C ²⁰ / ₂₅	0,098t + 23,4		0,017t + 24,2	
C ²² / _{27,5}	0,091t + 24,5		0,015t + 25,2	
C ²⁵ / ₃₀	0,083t + 25,2		0,014t + 25,9	
C ²⁸ / ₃₅	0,074t + 27,6		0,013t + 28,2	
C ³⁰ / ₃₇	0,073t + 28,1		0,012t + 28,4	
C ³² / ₄₀	0,062t + 28,4		0,011t + 28,4	
C ³⁵ / ₄₅	0,058t + 28,6		0,010t + 29,0	
C ⁴⁰ / ₅₀	0,043t + 28,2		0,007t + 28,5	
C ⁴⁵ / ₅₅	0,036t + 27,7		0,006t + 28,0	
C ⁵⁰ / ₆₀	0,029t + 27,2		0,005t + 27,5	

Таблица 3

Зависимости $МВК_{в} = f(C_p, t)$ для смесей марки по удобоукладываемости П1 для различных временных интервалов и условий эксплуатации СХ У

Класс бетона по прочности на сжатие	Временной интервал, лет			
	1–10	Коэфф. дет., R ²	10–50	Коэфф. дет., R ²
C ¹² / ₁₅	0,316t + 20,3	0,9057	0,054t + 22,9	0,9473
C ¹⁶ / ₂₀	0,266t + 22,8		0,045t + 24,9	
C ¹⁸ / _{22,5}	0,246t + 24,0		0,042t + 26,0	
C ²⁰ / ₂₅	0,246t + 25,0		0,042t + 27,0	
C ²² / _{27,5}	0,211t + 26,0		0,036t + 27,6	
C ²⁵ / ₃₀	0,194t + 26,5		0,033t + 28,1	
C ²⁸ / ₃₅	0,172t + 28,8		0,029t + 30,2	
C ³⁰ / ₃₇	0,162t + 29,2		0,025t + 30,5	
C ³² / ₄₀	0,145t + 29,4		0,025t + 30,5	
C ³⁵ / ₄₅	0,122t + 29,4		0,021t + 30,3	
C ⁴⁰ / ₅₀	0,100t + 28,9		0,017t + 29,7	
C ⁴⁵ / ₅₅	0,083t + 28,3		0,014t + 29,0	
C ⁵⁰ / ₆₀	0,068t + 27,7		0,012t + 28,2	

Таким образом, логарифмическую зависимость $МВК_v = f(C_p, t)$ до возраста железобетона 50 лет (максимального возраста железобетона для конструкций зданий сельскохозяйственного назначения) можно, с приемлемой точностью, заменить линейными зависимостями $МВК_v = f(C_p, t)$ на двух участках 1...10 и 10...50 лет. Это позволит получить зависимости определения времени наступления граничных значений степени фактической карбонизации бетона для оценки периода возникновения коррозии стальной арматуры (достижения коррозии различных степеней) [2].

Список источников

1. Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель: Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
2. Васильев, А. А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2013. – 303 с.
3. Кабышева, Ю. К. Исследование предельной величины карбонизации для различных составов бетона / Ю.К. Кабышева, А. А. Васильев // Материалы XII international scientific and practical conference «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century». III том. Технические науки. Astana, Kazakh-stan, 2023. – С. 47–51.
4. Васильев, А. А. Прогнозирование во времени карбонизации бетона различных классов по прочности на сжатие / А. А. Васильев, Ю. К. Кабышева, Н.А. Леонов // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS : сб. статей LXXII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – С. 34–39.
5. Васильев, А. А. Прогнозирование карбонизации во времени по сечению бетона различных классов по прочности на сжатие для различных эксплуатационных условий / А. А. Васильев, Ю. К. Кабышева, Н.А. Леонов // Актуальные вопросы современных научных исследований: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – С. 92–98.
6. Васильев, А. А. Оценка и прогнозирование максимальной величины карбонизации бетона / А. А. Васильев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. Строительство и архитектура, 2022. – № 8 (31). – С. 46–53.