



Рисунок 1 – Фрагмент покрытия конструкции

Данная конструкция является облегченной с обеспечением пространственной жесткости конструкции в целом.

Наличие металла в конструкции минимально, что делает её легче, а отсутствие соприкосновения металла с древесиной исключает образование конденсата. Следовательно, уменьшает вероятность загнивания, набухания, коробления конструкции.

Для сравнения эффективности данной конструкции произведем сравнение с металлоконструкциями типа МАРХИ.

Для покрытия 1 м<sup>2</sup> системой МАРХИ требуется 20 кг/м<sup>2</sup> металла, конструкции из прокатной стали куда тяжелее и требуют 47 кг/м<sup>2</sup>. Для альтернативной системы затраты металла характеризуются процентом для всего покрытия сооружения в диапазоне 1–2 %.

Если сравнивать конструкции покрытия по весу, то деревянная система перекрывает 1 м<sup>2</sup> при этом весит примерно 14 кг.

#### Список литературы

- 1 Клячин, А. З. Пространственные стержневые металлические конструкции регулярной структуры / А. З. Клячин. – Екатеринбург : Диамант, 1995. – 276 с.
- 2 Металлические конструкции : в 3 т. Т. 2 / В. В. Горев [и др.]. – М. : Высш. шк., 2002. – 424 с.
- 3 Иванов, В. Ф. Конструкции из дерева и пластмасс / В. Ф. Иванов. – М. : Стройиздат, 1966. – 346 с.
- 4 Пространственные деревянные конструкции / А. А. Журавлев [и др.]. – Ростов н/Д. : ОАО ИПФ «Малыш», 2003. – 518 с.

УДК 691.32

### РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ НАЧАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА ОТ КОЛИЧЕСТВА ЦЕМЕНТА И ГАРАНТИРОВАННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

*Ю. К. КАБЫШЕВА, К. Э. АГЕЕВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Карбонизация в первую очередь обуславливает состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Она начинается с момента перемешивания бетонной смеси и продолжается весь жизненный цикл железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК), которые эксплуатируют в различных воздушных средах [1]. Современные исследователи практически не учитывают начальную карбонизацию бетона, что неверно, но не удивительно, и даже логично, поскольку в основе всех их исследований лежит определение толщины карбонизированного бетона на основе фенолфталеинового теста (ФФТ) [2].

Исследование карбонизации бетона на основе нахождения карбонатной составляющей (показателя КС) позволяет оценить начальную карбонизацию бетонов любых классов по прочности на сжатие (составов) [1]. На основе исследования по сечению образцов (100×100×100 мм) бетонов различных классов по прочности на сжатие (составов марок по удобоукладываемости П1 (ОК = 1 и 4 см)) сразу после из-

готовления (при использовании ТВО) с применением методов регрессионного и корреляционного анализа получено выражение начальной карбонизации [3]:

$$KC_0(l/t=0) = \beta_0 + \beta_1 e^{\left(-\left(\frac{l-\beta_2}{\beta_3}\right)^{\beta_4}\right)}, \quad (1)$$

где  $\beta_0 - \beta_4$  – коэффициенты, определяющие:  $\beta_0$  – наименьшее значение  $KC(l)$ , % [обычно,  $\beta_0 = KC(l > 100 \text{ мм})$ ];  $\beta_1$  – разность минимального и максимального значений  $KC(l)$ , %;  $\beta_2$  – минимальное значение глубины  $l$ , мм, (обычно,  $\beta_2 = 0$ );  $\beta_3$  – форму кривой и координаты точек перегиба, мм,  $\beta_3 > 0$ ;  $\beta_4$  – форму кривой и координаты точек перегиба, д. ед.,  $\beta_4 > 0$ ;  $l$  – расчетное значение глубины бетона, мм.

Для возможности получения системы расчетно-экспериментальных зависимостей  $KC = f(\text{Ц})$  значения коэффициентов  $\beta_i$  подбирали, полагая коэффициенты  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и  $\beta_4$  одинаковыми для любых классов бетона по прочности на сжатие, что практически не сказывается на значимости полученных зависимостей [3].

Путем математической обработки значений коэффициентов  $\beta_0$  и  $\beta_1$  получены их зависимости от количества использованного цемента:

$$\beta_0 = 0,0077\text{Ц} + 0,7932; \quad (R^2 = 0,9969); \quad (2)$$

$$\beta_1 = 1769,4\text{Ц} + 409077; \quad (R^2 = 0,9959), \quad (3)$$

где  $\text{Ц}$  – содержание цемента,  $\text{кг/м}^3$ .

Следовательно, связь начальной карбонизации бетона с количеством использованного цемента описывается выражением

$$KC_0(l/t=0) = (0,0077\text{Ц} + 0,7932) + (1769\text{Ц} + 409077)e^{\left(-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}\right)} \quad (4)$$

Анализ результатов для бетонов различных классов по прочности на сжатие, количество цемента, используемого для приготовления бетона, для составов марок по удобоукладываемости П1–П5 отличается до 35 %, марок по удобоукладываемости Ж1–Ж4 – до 18 % [4].

Для прогнозирования значений  $KC_0$  для любых бетонов необходимо учитывать рекомендуемые составы бетона. Так, для наиболее часто выпускаемых сборных железобетонных изделий целесообразно получить базовые зависимости для расчетных значений показателя  $KC$  (для бездобавочных бетонов) для жестких смесей марок по удобоукладываемости Ж1 и Ж2, для подвижных – П1. Причем для жестких смесей марок по удобоукладываемости Ж1 и Ж2 необходимо использовать средние значения количества использованного цемента, для марки по удобоукладываемости П1 целесообразно принимать значение количества цемента, соответствующее верхней границе (ОК = 4 см).

Полученные на основе использования зависимостей (2) и (3) коэффициенты  $\beta_0$  и  $\beta_1$  для бетонов различных классов по прочности на сжатие приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $\beta_0$  и  $\beta_1$  для различных классов бетона по прочности на сжатие

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка смеси по удобоукладываемости					
	П1		Ж1		Ж2	
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_0$	$\beta_1$
$C^{12}/_{15}$	2,43	785959	2,30	754110	2,23	739955
$C^{16}/_{20}$	2,91	895662	2,73	854966	2,65	835502
$C^{18}/_{22,5}$	3,14	948744	2,94	902740	2,86	883276
$C^{20}/_{25}$	3,37	1000057	3,15	950513	3,05	927511
$C^{22}/_{27,5}$	3,60	1053139	3,35	996518	3,24	971746
$C^{25}/_{30}$	3,85	1111529	3,54	1040753	3,42	1012442
$C^{28}/_{35}$	4,37	1230079	4,01	1148686	3,85	1111529
$C^{30}/_{37}$	4,57	1276083	4,18	1187613	4,02	1150456
$C^{32}/_{40}$	4,87	1345090	4,46	1251311	4,27	1208846
$C^{35}/_{45}$	5,35	1456562	4,90	1352167	4,70	1306163
$C^{40}/_{50}$	5,83	1566265	5,33	1451254	5,11	1399941
$C^{45}/_{55}$	6,29	1672429	5,74	1546801	5,50	1490180
$C^{50}/_{60}$	6,75	1778593	6,16	1642349	5,90	1582189

Математическая обработка значений коэффициентов  $\beta_0$  и  $\beta_1$  позволила получить регрессионные зависимости их изменения от гарантированной прочности бетона на сжатие для бетонных смесей марок по удобоукладываемости П1, Ж1 и Ж2. Так, для смесей марки по удобоукладываемости П1

$$\beta_0 = 0,0970 f_{c,cube}^G + 0,9641, \quad (5)$$

$$\beta_1 = 22287 f_{c,cube}^G + 447979; \quad (6)$$

– марки по удобоукладываемости Ж1

$$\beta_0 = 0,0865 f_{c,cube}^G + 0,9866, \quad (7)$$

$$\beta_1 = 19858 f_{c,cube}^G + 454249; \quad (8)$$

– марки по удобоукладываемости Ж2

$$\beta_0 = 0,0818 f_{c,cube}^G + 1,001, \quad (9)$$

$$\beta_1 = 1876 f_{c,cube}^G + 457312, \quad (10)$$

где  $f_{c,cube}^G$  – гарантированная прочность бетона на сжатие, МПа.

Полученные зависимости позволяют значительно повысить объективность оценки карбонизации бетонов различных классов по прочности на сжатие (составов).

#### Список литературы

1 Неразрушающие методы оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах : практ. пособие / Т. М. Пецольд [и др.] ; под ред. А. А. Васильева. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 146 с.

2 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.

3 Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 263 с.

4 **Васильев, А. А.** Прогнозирование начальной карбонизации бетона различных классов по прочности на сжатие / А. А. Васильев, Ю. К. Кабышева, Н. А. Леонов // Современные научные знания : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2023. – С. 21–24.

УДК 378.00

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОСМОТРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИИ

*Е. Г. КАЛАШНИК, Г. Т. ПОДГОРНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время государство и общество очень заинтересованы в том, чтобы каждый молодой человек превратился в яркую индивидуальность с сильным, самостоятельным, творческим характером. Сегодня в науке и технике все больше и больше востребован высокий интеллект и умение творчески подойти к решению поставленных задач.

Главной целью преподавателя является развитие интереса студентов к изучаемой дисциплине, а также максимальное приближение учебного процесса к практической деятельности. Студент – будущий специалист, и он должен понять и почувствовать, что теоретические знания, полученные при обучении, он сможет применить в своей профессиональной деятельности.

В курсе дисциплины «Принципы моделирования строительных объектов» студентам специальности «Архитектура» даются как теоретические основы проектирования зданий и сооружений, так и практическое применение технологии BIM (Building Information Modeling – информационное моделирование зданий и сооружений). Обучение производится с использованием программного комплекса REVIT.