

УДК 691.32.001.5

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, С. В. ДЗИРКО, научный сотрудник, Д. С. СТЕПАНЦОВ, магистрант, А. М. ОВСЯНКИНА, инженер, Е. О. АДАРЧЕНКО, студентка, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАЗВИТИЯ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

На основе исследования изменения химических характеристик бетона при карбонизации железобетонных конструкций (ЖБК), эксплуатирующихся длительные сроки в условиях агрессивной среды, выполнена оценка интенсивности развития карбонизации бетона для условий сельскохозяйственных помещений. Для данных условий уточнены зависимости развития карбонизации во времени, позволяющие по полученному показателю карбонатной составляющей (КС) в зоне расположения арматуры на момент обследования конструкции выполнить прогнозирование развития карбонизации с учетом начальной карбонизации бетона, его прочностных характеристик, изменения степени гидратации цемента во времени, интенсивности агрессивности среды. Приведен пример использования полученных зависимостей.

Сущность процесса карбонизации. Карбонизация бетона – коррозионный процесс, характерный для всех ЖБК, эксплуатирующихся в воздушных средах. В его основе лежит взаимодействие $\text{Ca}(\text{OH})_2$ бетона с углекислым газом воздуха, приводящее к структурным изменениям цементного камня. Развиваясь во времени, оно вызывает изменение щелочной среды бетона (его нейтрализацию), что приводит к снижению, а затем и полной потере защитных свойств по отношению к арматуре [1, 2]. Дегградация бетона защитного слоя обуславливает развитие процессов коррозии стальной арматуры различной степени интенсивности. С течением времени накопление продуктов коррозии арматуры (объем которых значительно больше объема прокорродированного металла) приводит к образованию микротрещин, способствуя ускорению карбонизации бетона. В дальнейшем эти процессы вызывают потерю сцепления арматуры с бетоном, отслаивание и разрушение защитного слоя и, в конечном итоге, потерю несущей способности конструкции. Интенсивность этих процессов будет обусловлена, в первую очередь, параметрами воздушной среды, в которой эксплуатируется конструкция.

Проведенные многолетние исследования ЖБК [3–6] показали, что карбонизация бетона продолжается все время эксплуатации конструкции с момента ее изготовления. Она развивается с поверхностных слоев в глубь бетона конструкций по сложной экспоненциальной зависимости (степень карбонизации бетона максимальна в поверхностных слоях).

Факторы, влияющие на интенсивность карбонизационных процессов. Степень интенсивности карбонизационных процессов определяется множеством факторов, среди которых определяющим являются условия эксплуатации. Сельскохозяйственные (с.-х.) помещения отличаются повышенными влажностью воздуха и концентрацией

углекислого газа. К тому же большая протяженность зданий такого типа обуславливает некоторые различия воздушной среды и характеризующих ее параметров по длине здания. Так, по торцам здания процессы смены воздушной среды идут более интенсивно за счет проветривания (открытых ворот), вместе с тем, для данных участков характерно интенсивное размораживание бетона под воздействием отрицательных температур. В средней части здания (по длине) влажность и концентрация углекислого газа выше, но колебания их значений меньше по сравнению с торцевыми участками. Таким образом, конструкции, эксплуатирующиеся в одном помещении, подвергаются различному воздействию агрессивных агентов воздушной среды.

Прогнозирование карбонизационных процессов. Развитие карбонизации во времени в целом подчиняется квадратичной параболической зависимости [1, 7]. Для прогнозирования изменения карбонатной составляющей в поверхностных слоях бетона для условий с.-х. помещений в [7] было предложено следующее выражение:

$$K_{C_{\text{прог}}} = 2,18 + 3,52\sqrt{t}, \quad (1)$$

где $K_{C_{\text{прог}}}$ – прогнозируемое значение карбонатной составляющей, %; t – величина прогнозного периода, лет.

Полученное уравнение регрессии для средних прогнозных значений хотя и описывает характер изменения показателя КС, однако значительный разброс данных при его выводе и, как следствие, невысокий коэффициент корреляции дают основание полагать, что наряду с зависимостью от времени существует и влияние других факторов, что не позволяет с достаточной точностью прогнозировать изменение во времени карбонатной составляющей по данной зависимости.

Целью исследования явилось повышение точности прогнозирования карбонизации бетона с

учетом дополнительных условий, влияющих на интенсивность этих процессов, а также увеличение анализируемой выборки с исключением значений, являющихся «выбросами», обусловленными влиянием различных факторов.

Для исследования были выбраны железобетонные колонны сельскохозяйственных зданий, эксплуатировавшиеся длительные сроки (не менее 10 лет), поскольку данный тип конструкций позволяет более полно исследовать развитие карбонизации по сечению, а специфика воздушной среды с.-х. помещений обуславливает ярко выраженные агрессивные условия эксплуатации.

Исследования проводились в лабораторных условиях как на свежизготовленных образцах, так и на образцах, отобранных из эксплуатируемых конструкций. Образцы бетона для исследований отбирались в зоне расположения арматуры, в лабораторных образцах пробы бетона получали выбуриванием до глубины 50 мм. Показатель КС определялся объемно-газовым методом [8]. Статистическую обработку экспериментальных данных производили при помощи табличного процессора «Excel».

Результаты исследования. В результате дополнительных исследований была получена область изменения во времени значений КС (рисунок 1). На графике каждая точка является условным средним значением КС, полученным из 3–5 значений для различных элементов (объектов).

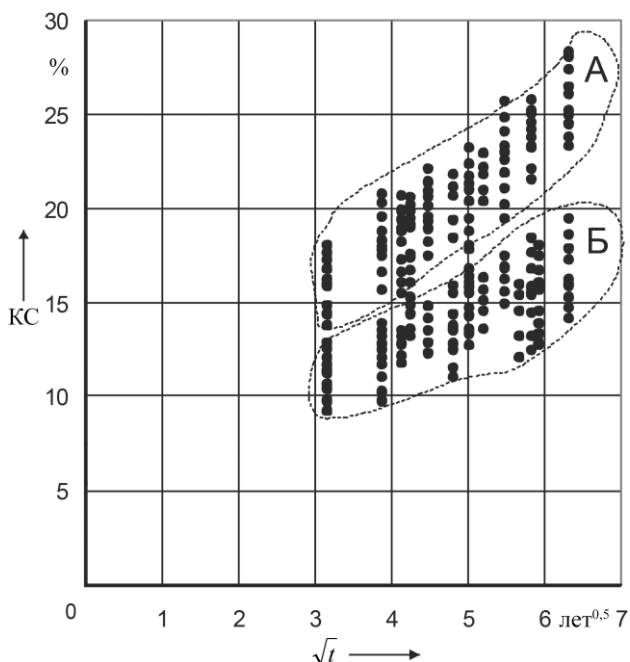


Рисунок 1 – Характер распределения значений КС во времени:
А – область повышенной карбонизации;
Б – область обычной карбонизации

При исследовании полученной области можно отметить два ярко выраженных множества точек (областей, отмеченных пунктирными линиями). Распределение точек по двум областям объясняет-

ся тем, что колонны выполняются из бетонов различных классов по прочности (соответственно, с неодинаковым расходом цемента) и, несмотря на то, что конструкции эксплуатируются в одинаковых по назначению помещениях, влияние эксплуатационной среды на них неоднозначно (различное расположение по длине здания, сухие условия для одних и периодические (постоянные) замачивания других, расположение в торцах у ворот, приводящее к ускоренному размораживанию бетона и т. д.). Верхняя область точек характеризуется более высокими значениями КС по сравнению с нижней областью при одном и том же сроке эксплуатации, что свидетельствует о более интенсивных деградиционных процессах в бетоне. На основании этого обозначим эти области как повышенной (А) и обычной (Б) карбонизации.

Для определения начальных параметров карбонизации исследовали кубики сечением 100×100×100 мм, выполненные в заводских условиях из бетонов классов по прочности $C^{12}/_{15}$, $C^{18}/_{22,5}$, $C^{25}/_{30}$, $C^{30}/_{37}$ составов, применяемых при изготовлении колонн. После изготовления кубики подвергали тепловлажностной обработке по стандартному режиму и исследовали после 28 суток естественного твердения. Результаты определения показателя начальной карбонизации ($КС_0$) по сечению образцов для различных классов бетона по прочности на сжатие представлены на рисунке 2.

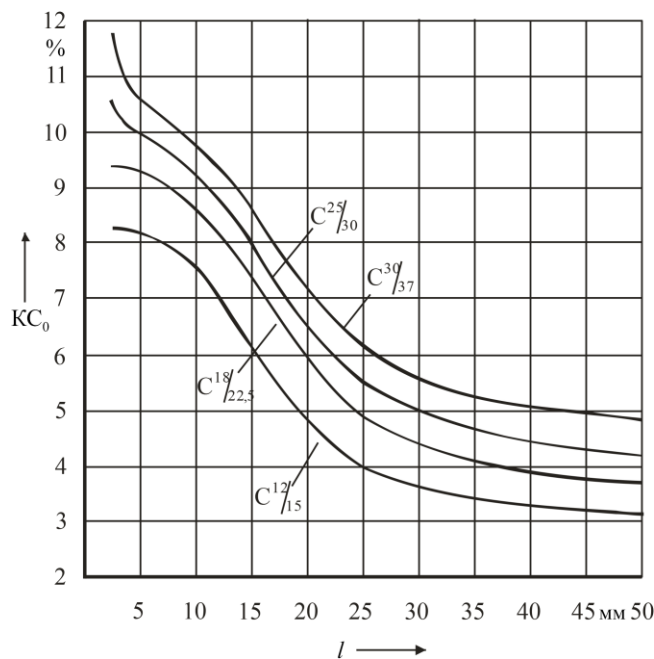


Рисунок 2 – Изменение показателя $КС_0$ по сечению образцов

Полученные кривые показывают, что степень карбонизации бетона по сечению конструкции подчиняется сложной экспоненциальной зависимости. Она отличается для различных классов бетона по прочности и зависит от количества использованного цемента. В «низкомарочных» бето-

нах (классы $C^{12/15} - C^{18/22,5}$) она по абсолютным значениям КС ниже, чем в «высокомарочных», однако скорость деградации бетона в них выше. Это объясняется тем, что «низкомарочные» бетоны более пористы и, следовательно, более проницаемы для воздушной среды.

В общем, с учетом начальной карбонизации выражение для определения изменения карбонатной составляющей во времени имеет следующий вид:

$$KC_{\text{прог}} = KC_0 + A\sqrt{t}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, учитывающий скорость карбонизации.

Поскольку при изготовлении колонн для сельскохозяйственных зданий и сооружений применяют бетоны классов по прочности $C^{12/15} - C^{25/30}$, приняв среднее значение класса по прочности – $C^{18/22,5}$ и значение толщины защитного слоя бетона $l = 20$ мм, получаем следующие уравнения прогнозирования скорости карбонизации:

для условий повышенной карбонизации

$$KC_{\text{прог}} = 5,90 + 3,08\sqrt{t}, \quad (3)$$

для условий обычной карбонизации

$$KC_{\text{прог}} = 5,90 + 1,66\sqrt{t}, \quad (4)$$

средние прогнозные значения

$$KC_{\text{прог}} = 5,95 + 2,27\sqrt{t}. \quad (5)$$

Наносим полученные уравнения регрессии на области значений КС (рисунок 3).

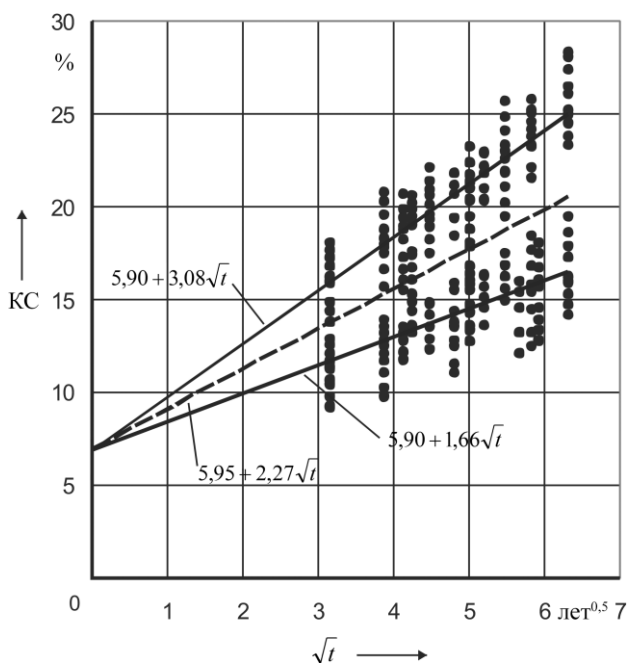


Рисунок 3 – Распределение показателей КС по времени для колонн с.х. зданий с нанесенными уравнениями регрессии

Анализ распределения показателей КС (см. рисунок 3) показывает, что уравнение регрессии (5) для средних прогнозных значений имеет невысокий коэффициент корреляции и, как следствие, не

позволяет прогнозировать с высокой точностью развитие карбонизации бетона.

Для повышения точности прогнозирования карбонизации необходимо исследование обеих областей, а также средней прогнозной зоны с обязательным учетом толщины защитного слоя бетона. Оно позволит при детальном обследовании ЖБК с высокой степенью точности оценить условия, в которых эксплуатировались конструкции, и на базе этого спрогнозировать развитие карбонизации.

Исследование карбонизации выполнено во всех областях. В связи с большим объемом работы и невозможностью отражения его в данной статье проанализируем область повышенной карбонизации.

На основании выражения (3) определим возраст конструкции, при котором произойдет полная карбонизация бетона. Для этого используем предложенную в [7] методику определения ПВК (предельной величины карбонизации) по известному составу бетона. При промышленном изготовлении бетона в различных лабораториях его составы рассчитываются однотипно, что позволяет значения ПВК применять к колоннам, изготовленным на разных предприятиях.

Поскольку при детальном обследовании сложно, а зачастую и невозможно установить изначальную прочность бетона конструкций, исследования будем вести в пределах классов бетона по прочности на сжатие $C^{12/15} - C^{25/30}$ как наиболее характерных для колонн сельскохозяйственных зданий.

В качестве примера рассмотрим определение ПВК при известной массе компонентов бетонной смеси для бетона класса $C^{18/22,5}$ ($\rho = 310$ кг/м³; $P = 750$ кг/м³):

1 Определяем массу CaO (m_{CaO}) в цементе из расчета, что в одной тонне цемента ориентировочно присутствует 0,6 т CaO :

$$m_{CaO} = m_{\text{ц}} \cdot 0,6, \quad (6)$$

где $m_{\text{ц}}$ – масса цемента, используемая для приготовления 1 м³ бетона;

$$m_{CaO} = 310 \cdot 0,6 = 186 \text{ кг.}$$

2 Рассчитываем массу $CaCO_3$ (m) при карбонизации m_{CaO} в 1 м³ бетона из пропорции

$$M_{CaO} - M_{CaCO_3},$$

$$m_{CaO} - m_{CaCO_3},$$

$$m_{CaCO_3} = \frac{m_{CaO} \cdot M_{CaCO_3}}{M_{CaO}}, \quad (7)$$

где M_{CaO} – молекулярная масса CaO (56 г/моль, или 56 кг); M_{CaCO_3} – молекулярная масса $CaCO_3$ (100 г/моль, или 100 кг); m_{CaO} – масса CaO в 1 м³ бетона;

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{186 \cdot 100}{56} = 3321 \text{ кг.}$$

3 Определяем массу цементно-песчаной фракции $m_{\text{цп}}$, кг, в 1 м^3 бетона с учетом привеса за счет полного превращения CaO в CaCO_3 :

$$m_{\text{цп}} = 1,15Ц + П + (m_{\text{CaCO}_3} - m_{\text{CaO}}), \quad (8)$$

где Ц – масса цемента, кг, в 1 м^3 бетона; П – масса песка, кг, в 1 м^3 бетона;

$$m_{\text{цп}} = 1,15 \cdot 310 + 750 + (3321 - 186) = 12526 \text{ кг.}$$

4 Вычисляем значение ПВК, %, из пропорции

$$\begin{aligned} m_{\text{цп}} - 100\%, \\ m_{\text{CaCO}_3} - \text{ПВК}, \\ \text{ПВК} = \frac{m_{\text{CaCO}_3} \cdot 100}{m_{\text{цп}}}, \quad (9) \\ \text{ПВК} = \frac{3321 \cdot 100}{12526} = 26,5\%. \end{aligned}$$

Соответственно, получаем для класса бетона по прочности на сжатие $\text{C}^{12}/_{15}$, – ПВК = 24,1 %, класса $\text{C}^{20}/_{25}$ – ПВК = 29,2 %.

Принимаем в расчет среднее значение ПВК = 26,5 % (для класса $\text{C}^{18}/_{22,5}$). Тогда в выражении (3), приравняв значение $\text{КС}_{\text{прог}}$ к ПВК, получаем

$$\text{КС}_{\text{прог}} = 5,90 + 3,08\sqrt{t} = 26,5. \quad (10)$$

В данном выражении значение ПВК принято с учетом того, что степень гидратации цемента составляет 100 % ($\alpha = 1$). Так как начальная карбонизация определена при $\alpha < 1$, приводим КС_0 к $\alpha = 1$, для чего определяем степень гидратации цемента сразу после изготовления образца. Степень гидратации цемента и ее изменение во времени определяем по зависимостям, полученным профессором В. В. Бабицким.

Степень гидратации цемента в возрасте 28 суток твердения, %, определяем из выражения

$$\alpha_{28}^{20} = 60X - \sqrt[3]{(1,65X)^2} \cdot e^{1,65X}, \quad (11)$$

где X – относительное водосодержание цементного теста.

Для бетона класса по прочности $\text{C}^{18}/_{22,5}$ – $X_{\text{ср}} = 1,25$ ($X = 1,2 \dots 1,3$), $\alpha_{28}^{20} = 62,2\%$.

Приводим $\text{КС}_0 = 5,90\%$ (из выражения (10)), определенное при $\alpha_{28}^{20} = 62,2\%$ к $\alpha = 1$:

$$\text{КС}_0 = 5,90/0,622 = 9,49\%.$$

Получаем следующее выражение:

$$\text{КС}_{\text{прог}} = 9,49 + 3,08\sqrt{t} = 26,5. \quad (12)$$

Решая уравнение (12), устанавливаем, что для класса бетона по прочности $\text{C}^{18}/_{22,5}$ полная карбонизация бетона на глубине $l = 20$ мм наступит через 31 год.

Увеличение степени гидратации цемента с течением времени определяем по формуле

$$\alpha = \alpha_{28}^{20} [1 + 0,211g \tau (X - 0,63)(\phi - 0,6)], \quad (13)$$

где τ – время твердения цементного камня (бетона), мес.; ϕ – относительная влажность воздуха среды, доли ед.

Приняв для условий повышенной карбонизации $\phi = 0,9$, используя выражение (13), строим зависимость степени гидратации цемента от времени для бетона класса $\text{C}^{18}/_{22,5}$ (рисунок 4).

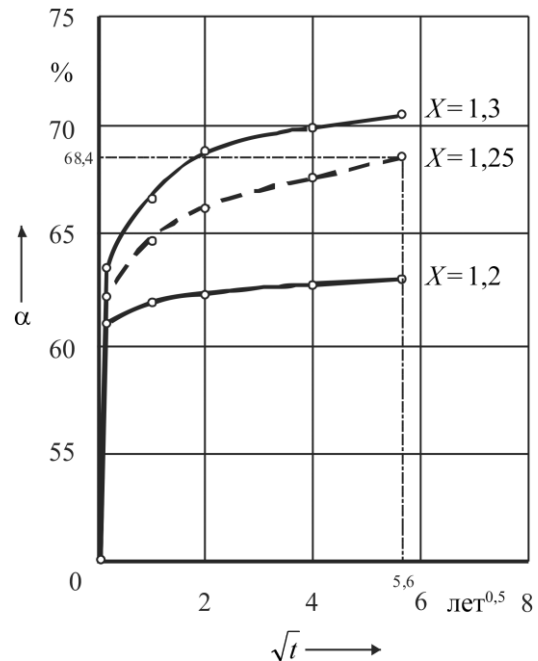


Рисунок 4 – Изменение степени гидратации для бетона класса по прочности на сжатие $\text{C}^{18}/_{22,5}$ с течением времени

Определяем прирост степени гидратации в возрасте 31 год ($\sqrt{t} = 5,6$). Принимаем среднее значение степени $\alpha = 0,68$ гидратации при $X_{\text{ср}} = 1,25$.

Тогда через 31 год при полной карбонизации бетона максимальное значение карбонатной составляющей $\text{КС}_{\text{max}} = 26,5 \cdot 0,68 = 18,1\%$.

Уточняем коэффициент A с учетом полученных значений $t = 31$ год и $\text{КС}_{\text{max}} = 18,1\%$:

$$\text{КС} = 5,90 + A\sqrt{31} = 18,1.$$

Откуда $A = 2,19$.

Таким образом, получаем выражение для прогнозирования скорости карбонизации бетона класса по прочности $\text{C}^{18}/_{22,5}$ на глубине $l = 20$ мм:

$$\text{КС}_{\text{прог}} = 5,90 + 2,19\sqrt{t}. \quad (14)$$

Аналогично получаем выражения для прогнозирования развития карбонизации при принятой толщине защитного слоя $l = 20$ мм для остальных классов бетона:

для класса бетона по прочности $\text{C}^{12}/_{15}$

$$\text{КС}_{\text{прог}} = 4,84 + 2,48\sqrt{t}, \quad (15)$$

для класса бетона по прочности $C^{25/30}$

$$KC = 6,47 + 2,03\sqrt{t} \quad (16)$$

Строим область прогнозных значений KC на глубине 20 мм для классов бетона по прочности на сжатие $C^{12/15}$, $C^{18/22,5}$, $C^{25/30}$ с момента изготовления конструкции до времени полной карбонизации бетона с учетом изменения во времени степени гидратации цемента (рисунок 5).

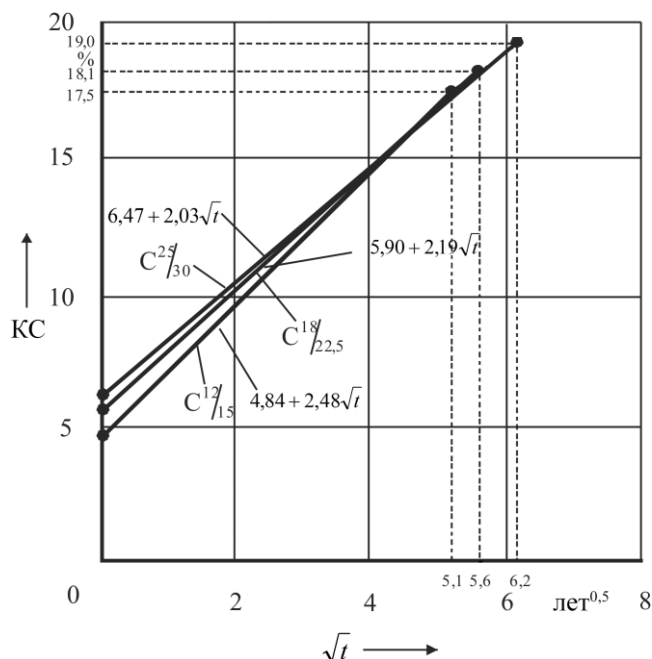


Рисунок 5 – Область прогнозных значений карбонатной составляющей для классов бетона $C^{12/15}$ – $C^{25/30}$ на глубине $l = 20$ мм при повышенной интенсивности карбонизации

Аналогично получают области прогнозных значений KC и выражения для прогнозирования показателей KC для любых толщины защитного слоя бетона и интенсивности карбонизации (обычной, ускоренной (повышенной) и усредненной).

Приведенные зависимости позволяют уточнить степень интенсивности карбонизации бетона конструкции на момент обследования и, исходя из выявленных прочностных характеристик бетона и условий эксплуатации конструкции, наиболее точно подобрать выражение для прогнозирования скорости карбонизации для конкретной толщины защитного слоя.

Рассмотрим пример оценки и прогнозирования карбонизации бетона эксплуатируемых конструкций по полученным зависимостям. Исследуемые объекты – железобетонные колонны, эксплуатируемые в условиях сельскохозяйственных помещений. Толщина защитного слоя бетона 18–22 мм. Сроки эксплуатации конструкций – 23 года, 27 лет, 29 лет.

Отбираем образцы бетона на глубине 17–22 мм (для получения достаточной навески). По результатам химического анализа бетона получаем, что

величина карбонатной составляющей (для средней глубины 20 мм) для колонн со сроком службы 23 года – $KC_{20} = 16,9$ %, 27 лет – $KC_{20} = 16,6$ %, 29 лет – $KC_{20} = 17,7$ %. Подбором определяем интенсивность карбонизации. Получаем, что все точки соответствуют области интенсивной карбонизации. Наносим полученные значения KC_{20} на область прогнозных значений KC – точки M_1 – M_3 соответственно (рисунок 6). Для удобства анализа на рисунке 6 приведена зависимость $t - KC$ (взамен $\sqrt{t} - KC$).

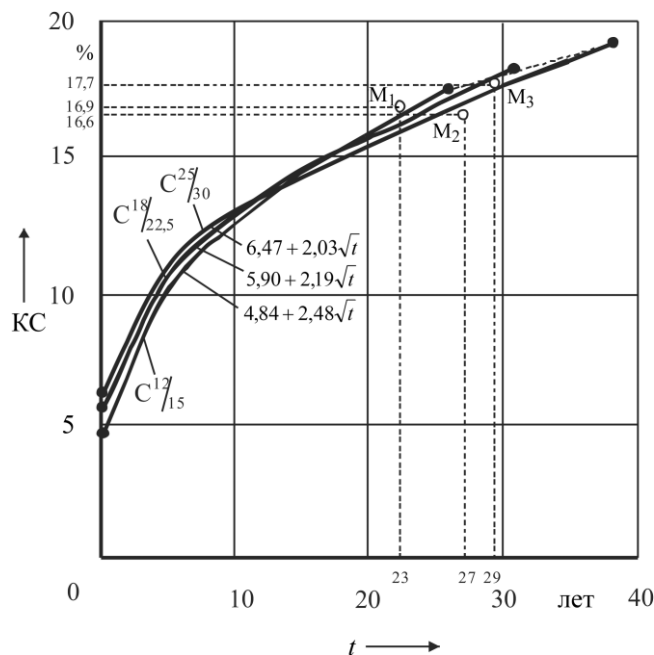


Рисунок 6 – Область прогнозных значений карбонатной составляющей для классов бетона $C^{12/15}$ – $C^{25/30}$ на глубине $l = 20$ мм при повышенной интенсивности карбонизации с исследуемыми точками

Проводим анализ полученных результатов, руководствуясь принципом максимального правдоподобия (классифицируя исследуемый объект (точки M_1 – M_3) к одной из трех групп (классов, определяемых тремя различными уравнениями), относим объект к той группе, для которой расстояние от «точки» до уравнения будет наименьшим):

– точка M_1 ($KC = 16,9$ % и $t = 23$ года). Конструкция эксплуатируется в условиях повышенной карбонизации. Анализируя расположение нанесенной точки, видим, что скорость деградации бетона (даже в условиях повышенной карбонизации) высокая (точка расположена выше всех зависимостей). Исследуемый бетон ориентировочно относится к «низкомарочному» (классу бетона по прочности $C^{12/15}$). До полной карбонизации защитного слоя при отсутствии изменений условий эксплуатации осталось менее 3 лет. Наиболее точному прогнозированию скорости карбонизации (при неизменных условиях эксплуатации) соответствует зависимость $KC_{\text{прог}} = 4,84 + 2,48\sqrt{t}$;

– точка M_2 ($KC = 16,6\%$ и $t = 27$ лет) – по аналогии с точкой M_1 : конструкция эксплуатируется в условиях повышенной карбонизации, вместе с тем, в границах данной области скорость деградации бетона низкая. Исследуемый бетон ориентировочно относится к «высокомарочному» (классу бетона по прочности $C^{25}/_{30}$). До полной карбонизации защитного слоя при отсутствии изменений условий эксплуатации осталось порядка 10 лет. Наиболее точному прогнозированию скорости карбонизации (при неизменных условиях эксплуатации) соответствует зависимость $KC_{\text{прог}} = 6,47 + 2,03\sqrt{t}$;

– точка M_3 ($KC = 17,7\%$ и $t = 29$ лет) – по аналогии с точкой M_1 : конструкция эксплуатируется в условиях повышенной карбонизации. Исследуемый бетон относится к «высокомарочному». Означенная точка находится между зависимостями, соответствующими классам $C^{18}/_{22,5}$ и $C^{25}/_{30}$, следовательно, прочность бетона соответствует классу по прочности $C^{20}/_{25}$. До полной карбонизации защитного слоя при отсутствии изменений условий эксплуатации осталось ориентировочно 6 лет (среднее значение для двух зависимостей). Наиболее точному прогнозированию скорости карбонизации (при неизменных условиях эксплуатации) и с учетом требований долговечности соответствует зависимость $KC_{\text{прог}} = 5,90 + 2,19\sqrt{t}$.

Выводы:

1 Исследования развития во времени карбонизации бетона железобетонных колонн позволили выделить различные степени интенсивности карбонизации для одних и тех же условий эксплуатации.

2 Исследования развития карбонизации как во времени, так и по сечению бетона с учетом начальной карбонизации бетона, различных толщин защитного слоя, изначального класса бетона по прочности, изменения степени гидратации цемента во времени дали возможность получить выражения для прогнозирования карбонизации бетона во времени в зоне расположения арматуры (для конкретной толщины защитного слоя бетона) в зави-

симости от степени интенсивности карбонизации.

3 Полученные зависимости позволяют:

– на стадии проектирования закладывать класс бетона по прочности на сжатие с учетом предполагаемых условий эксплуатации и требуемой долговечности;

– в зависимости от полученных на момент обследования значений карбонатной составляющей и толщины защитного слоя бетона, а также с учетом возраста конструкции оценить интенсивность карбонизации и в зависимости от существующих (предполагаемых условий эксплуатации) подобрать выражение для прогнозирования скорости карбонизации, а также оценить остаточный срок службы конструкции до полной карбонизации бетона.

Список литературы

1 **Алексеев, С. Н.** Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде / С. Н. Алексеев, Н. К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.

2 **Долговечность** железобетона в агрессивных средах // Совм. изд. СССР – ЧССР – ФРГ / С. Н. Алексеев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.

3 **Богданов, В. П.** Исследование механизма взаимодействия растворов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в контакте с CO_2 воздуха / В. П. Богданов, А. А. Васильев, И. А. Кудрявцев // *Материалы, технологии, инструменты.* – 2003. – Т. 8. – № 2. – С. 31–34.

4 **Богданов, В. П.** Исследование карбонизации бетонов в контакте с углекислым газом на стадии их изготовления / В. П. Богданов, А. А. Васильев, И. А. Кудрявцев // *Материалы, технологии, инструменты.* – 2003. – Т. 8. – № 1. – С. 67–71.

5 **Васильев, А. А.** Исследование карбонизации железобетонных конструкций с момента их изготовления / А. А. Васильев // *Материалы, технологии, инструменты.* – 2004. – Т. 9. – № 4. – С. 30–33.

6 **Васильев, А. А.** Исследование механизма и кинетики карбонизации железобетонных конструкций / А. А. Васильев // *Строительная наука и техника.* – 2006. – № 1 (4). – С. 52–57.

7 **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; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 146 с.

8 **Бабко, А. К.** Количественный анализ / А. К. Бабко, А. К. Пятницкий. – М.: Высшая школа, 1968. – 438 с.

Получено 23.09.2009

A. A. Vasilyev, S. V. Dzirko, D. S. Stepantsov, A. M. Ovsiankina, E. O. Adarchenko. Investigation of concrete carbonation development velocity in aggressive environment condition.

On the basis of investigation of the concrete chemical characteristics change at carbonation of reinforced concrete constructions (RCC) exploited for long terms under aggressive environment conditions it was made the estimation of the concrete carbonation development intensity for farm buildings. For these conditions the dependences of carbonation development against time were made more accurate and that allows according to obtained CC in the area of reinforcement location at the moment of the construction examination to make forecasting of carbonation development taking into account the initial concrete carbonation, concrete strength characteristics, changes in cement hydration degree against time, intensity of environment aggressiveness. It was offered the example of given dependencies implementation.