

(новообразований), характеризующего накопление (удаление) в количествах, опасных с точки зрения возникновения коррозии арматуры, нарушения ее сцепления с бетоном или разрушения защитного слоя.

2. Получены расчетные зависимости в детерминированной и вероятностной постановке для оценки срока службы бетона защитного слоя железобетонных конструкций в агрессивных средах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савицкий Н.В., Краснюк Т.В. Долговечность и оптимальное конструктивно-технологическое проектирование ограждающих железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в среде углекислого газа // Применение компьютерных технологий при решении задач народного хозяйства. Сб. научн. тр.- Киев: НАН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова, 1996.-С. 97-102.
2. Моделирование эффективного коэффициента диффузии сульфат-ионов в бетоне. / Матюшенко И.Н., Никифорова Т.Д., Савицкий Н.В./Вісник академії, № 6, 2006 р.

УДК 666.972.52:620.193.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ГЛУБИНУ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА В АГРЕССИВНЫХ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СРЕДАХ

д.т.н., проф. Савицкий Н.В., к.т.н. доц. Тытюк А.А., магистр Тытюк А.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры г.
Днепропетровск

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами. Появление новых промышленных предприятий в черте города, увеличение количества автомобилей, приводит к повышению концентрации вредных веществ в воздухе, которые контактируют с эксплуатируемыми конструкциями. При увеличении концентрации вредных веществ в газовой среде города, процесс карбонизация бетона и как следствие коррозии арматуры происходит быстрее.

Результаты натурных обследований эксплуатируемых объектов свидетельствуют о значительном увеличении в последние годы количества аварийных ситуаций вследствие карбонизации бетона и необходимости проведения масштабных работ по ремонту конструкций. В целом, это обусловлено приближением сроков эксплуатации зданий и сооружений до нормативных значений для большей части объектов,

Проведенные обследования конструкций ж/б балконов (около 400 шт.) жилых домов на ж/м Приднепровск г. Днепропетровска, показали, что около четверти конструкций находится в непригодном для эксплуатации состоянии,

либо даже в некоторых случаях в аварийном состоянии [1]. Они подвергались воздействию агрессивной газовой среды в течение всего срока эксплуатации без проведения работ по их ремонту.

Разработка эффективных методов прогноза долговечности железобетонных конструкций, эксплуатируемых при действии агрессивной газовой среды, является актуальной проблемой, решение которой позволит увеличить расчетный срок службы железобетонных конструкций и оптимизировать затраты на их содержание.

Цель. Проведение лабораторных исследований по определению глубины карбонизации бетона позволит установить основные факторы, влияющие на развитие процессов карбонизации бетона при воздействии агрессивной газовой среды.

Изложение основного материала исследования.

В бетоне защитного слоя, при воздействии на него агрессивной газовой среды, происходит процесс карбонизации. Под карбонизацией понимают химическую реакцию щелочных компонентов цементного камня с диоксидом углерода с образованием карбонатов. Вследствие этой реакции изменяются структура и основные свойства бетона. С одной стороны, карбонат кальция герметизирует структуру бетона, увеличивает его прочность на сжатие. С другой стороны, это приводит к нейтрализации бетона, т.е. к снижению щелочности в поровой структуре бетона защитного слоя. В результате бетон теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре, что приводит к коррозии арматуры в бетонной конструкции.

Глубина нейтрализации бетона определяется колориметрическим способом, основанным на изменении цвета органических индикаторов в зависимости от величины водородного показателя. Оценка производится путем обработки свежего скола бетона индикаторами рН. 1-% спиртовой раствор фенолфталеина изменяет цвет от бесцветного (рН=9,3) до малинового (рН=10,5). Через минуту после нанесения раствора индикатора линейкой с точностью до 1 мм измеряют глубину нейтрализации бетона.



Рис. 1 Глубина карбонизации бетона образцов разного возраста

Были проведены пробные испытания по определению глубины карбонизации бетона методом нанесения 1% раствора фенолфталеина в лабораторных условиях. Для исследований использовались два кубика с размерами ребра 10 см (рис. 1). Первый кубик (а) был приготовлен из свежего бетона и имел возраст 28 суток, а второй кубик (б) - из «старого» бетона и имел

возраст 23 года. На поверхности сколов кубиков наносился раствор фенолфталеина.

На рис. 1 видно, что поверхность кубика из свежего бетона (а), полностью окрасилась в малиновый цвет, что говорит о высоком водородном показателе бетона. Поверхность кубика из «старого» бетона (б), окрасилась в малиновый цвет только в средней части, что говорит о низком водородном показателе бетона вокруг окрашенной зоны, т.е. карбонизации бетона на значительную глубину от внешней поверхности.

На основании проведенных лабораторных испытаний на кубиках, можно сделать вывод о том, что способ определения глубины карбонизации путем нанесения 1% раствора фенолфталеина является эффективным.

Для выявления факторов, влияющих на глубину карбонизации бетона использовались образцы-цилиндры высотой 150мм с диаметром 150мм, которые в свое время были изготовлены для испытаний водонепроницаемости по ГОСТ 127.30-5-84. На момент наших исследований было отобрано две группы цилиндров возрастом 23 года и возрастом 7 лет (рис. 2).

Для 23-летних образцов сохранились исходные данные, такие как водоцементное отношение и расход цемента при изготовлении, которые представлены в таблице 1. Для образцов возрастом 7 лет данные о составах бетона отсутствуют. При этом было также известно, что образцы возрастом 7 лет хранились в лаборатории железобетонных конструкций при относительной влажности воздуха $65\pm 10\%$, а образцы возрастом 23 года хранились в подвальном помещении при относительной влажности воздуха $85\pm 100\%$.

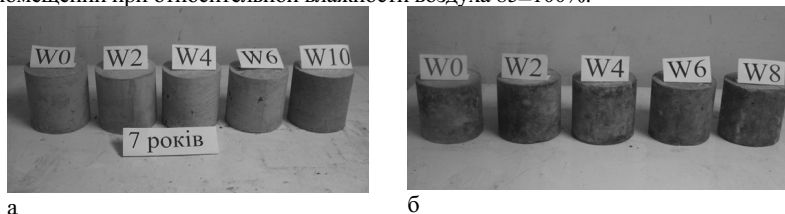


Рис.2 Вид опытных бетонных образцов в возрасте: а) 7 лет, б) 23 года

Таблица 1

Исходные данные по образцам возрастом 23 года

№	Дата изготовления	Расход цемента , кг/м ³	В/Ц
1	29.05.88	275	0,62
2	10.07.88	277	0,55
3	10.06.88	285	0,595
4	10.07.88	277	0,55
5	10.07.88	277	0,55

В процессе испытаний образцов–цилиндров определялись такие параметры как:

- показатели проницаемости бетона ускоренным методом;
- прочность образцов неразрушающим методом прибором «Оникс 2.4»;
- прочность образцов разрушающим методом на сжатие на прессе;
- глубина карбонизации бетона.

Показатели проницаемости бетона ускоренным методом определялись прибором «Агама» по ГОСТ 12730.5-84 (рис 3).

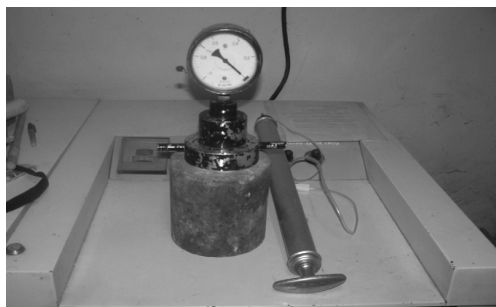


Рис.3 Общий вид испытаний прибором «Агама»

При определении глубины карбонизации образцов в возрасте 7-ми и 23-х лет использовался колометрический метод (рис 4).



Рис. 4 Определение глубины карбонизации путем нанесения 1% раствора фенолфталеина на скол цилиндра.

Полученные результаты испытаний прочности разрушающим и не разрушающим методами, водонепроницаемости и глубины карбонизации на образцах 7-ми лет представлены в таблице 2, а результаты испытаний на образцах 23-х лет - в таблице 3.

Таблица 2

Сводная таблица результатов по образцам в возрасте 7-ми лет

№	Прочность не разрушающим методом (МПа)	Прочность разрушающим методом (МПа)	Марка бетона по водонепроницаемости	Глубина карбонизации и
1	18,3	21,68	W0	40
2	20,2	25,64	W2	31
3	29,6	26,27	W4	21
4	34,3	27,06	W6	16
5	39,7	29,15	W10	7

Таблица 3

Сводная таблица результатов по образцам в возрасте 23-х лет

№	Прочность на разрушающим методом (МПа)	Прочность на разрушающим методом (МПа)	Марка бетона по водонепроницаемости	Глубина карбонизации
1	27,8	25,87	W0	23
2	33,4	29,44	W2	17
3	35,1	32,60	W4	15
4	38,8	34,30	W6	13
5	40,6	39,37	W8	6

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшую глубину карбонизации показали образцы которые, имеют наименьшую прочность, полученную как разрушающим, так и неразрушающим методом, а также низкую марку по водонепроницаемости, (см. таблицы 2 и 3).

Из результатов представленных в таблицах 2 и 3 также видно, что образцы возрастом 7 лет имеют большую глубину карбонизации для всех марок по водонепроницаемости, чем подобные им образцы возрастом 23 года (рис 5).

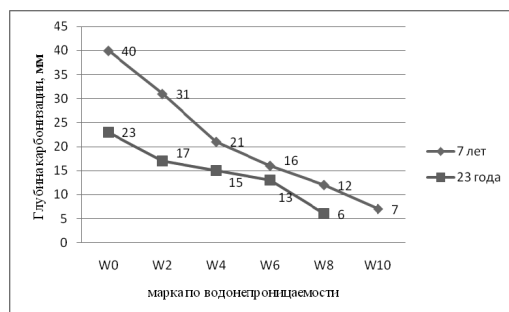


Рис. 5 График сравнения полученных результатов по определению глубины карбонизации образцов в возрасте 7-ми и 23-х лет.

Это может быть объяснено несколькими факторами. Во-первых, отсутствуют точные данные о подборе состава бетонной смеси, т.е. возможно были применены специальные добавки при изготовлении образцов 7-ми лет. Во-вторых, условия хранения образцов 7-ми и 23-х лет были разными. Если образцы 23-х лет хранились в помещении с относительной влажностью 90-100%, то образцы 7-ми лет хранились в помещении с относительной влажностью 65±10%. Известно, что карбонизация в сухой среде проходит в 104 раза интенсивнее, чем во влажной среде.

Для лабораторных образцов в возрасте 23 года был проведен теоретический расчет глубины карбонизации по формуле предложенной А. Фиком [2], которая описывает ее зависимость от времени и таких факторов как реакционная способность бетона, величина коэффициента диффузии.

$$X = n \sqrt{\frac{2DC_0t}{m_0}} \quad (1)$$

где: X – глубина карбонизации;

n – показатель степени;

D – эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в карбонизированном бетоне;

C_0, C – концентрация углекислого газа соответственно у поверхности бетона и в зоне поглощения, $C=0,03$;

m_0 – реакция способность бетона;

t – возраст образца (конструкции).

Реакционная способность бетона определялась по формуле [3]:

$$m_0 = 0,144 \cdot Ц \quad (2)$$

где: Ц – расход цемента при изготовлении, см. таблицу 1.

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в карбонизированном бетоне определялся по формуле [3]:

$$D = 10^{-4} \cdot 10^{(B/Ц - 0,4)/0,27} \text{ см}^2/\text{с} \quad (3)$$

где: B/Ц – водоцементное отношение бетона, (см. таблицу 1).

При этом, расчет производился два раза с учетом меняющегося показателя степени: n=2 и n=3 [4].

Было установлено, что при показателе степени n=2, формула наиболее эффективно описывает глубину карбонизации образцов с маркой W2, W4. При показателе степени n=3, формула наиболее эффективно описывает глубину карбонизации образцов с маркой W6, W8, (рис 6).



Рис.6 График сравнения результатов по определению глубины карбонизации.

Выводы. По результатам произведенных лабораторных испытаний на бетонных образцах в возрасте 23-х лет были получены данные, показывающие зависимость между прочностью, маркой по водонепроницаемости и глубиной карбонизации.

Теоретический расчет глубины карбонизации с использованием экспериментальных данных показал, что формула (1) с показателем степени n=2, является более адекватной для образцов с маркой (W2, W4). Использование же

формулы с показателем степени $n=3$, является более эффективным для образцов с маркой (W6, W8).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкий Н.В., Тытюк А.А., Богаченко С.В., Тытюк А.А. Техническое состояние железобетонных конструкций балконов в жилых домах после длительного срока эксплуатации в атмосферной среде. «Вісник Придніпровської державної академії будівництва і архітектури» - 2010. - №10. – С. 32-37.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах: Совм. изд. СССР-ЧССР-ФРГ/С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссль. – М.:Стройиздат, 1990. – 320 с.: ил.-ISBN 5-274-00923-9.
3. Савицкий Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах. Дис. докт. техн. наук. - М., 1993. - 399 с.
4. Обеспечение долговечности монолитного железобетона при строительстве зданий. – Режим доступа: <http://www.pamag.ru/prensa/mrc>. - Название домашней страницы интернета.

УДК 624

ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Маг. Савицький О.М., к.т.н. Шевченко Т.Ю.,
маг. Пастухов М.М., д.т.н. Савицький М.В.*

ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Актуальність теми. Є два методи контролю готової продукції для оцінки експлуатаційної придатності залізобетонних конструкцій. Це руйнівний і неруйнівний методи. З економічної точки зору неруйнівні методи більш вигідні. Застосування неруйнівного контролю якості залізобетонних конструкцій йде в двох напрямках: вдосконалення дискретних та інтегральних методів.

При дискретному методі контролю показником придатності є відповідність значень окремих параметрів нормам. Якщо ж який-небудь параметр не задовольняє вимогам - партія конструкцій бракується і перевіряється навантаженням на можливість подальшого використання.

З інтегральних неруйнівних методів для оцінки експлуатаційної придатності конструкцій використовують метод пробного завантаження, вібраційні методи і деякі інші.

На практиці конструкції не доводяться до стадії руйнування, але потрібно визначити несучу здатність конструкції. Це можливо шляхом екстраполяції результатів випробувань на початкових стадіях навантаження на стадію руйнування. Експериментальні дослідження, що підтверджують прийнятту гіпотезу, відсутні.