

**Вывод.** Тестирование программных комплексов для решения задач теплопроводности путем сравнения полученных результатов расчета плоской задачи теплообмена с эталонными значениями свидетельствует о том, что точность полученных результатов в программных комплексах Elcut 5.1 и Therm 5.2 удовлетворяют требованиям проекта ДСТУ ISO 10211-1:2005. Точность результатов, полученных в программе Heat2, не соответствует требованиям ДСТУ ISO 10211-1:2005.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Проект ДСТУ ISO 10211-1:2005 [1] «Теплові мости в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків і поверхневих температур. Частина 1. Загальні методи».- К.: Держспоживстандарт України, 2005 – 63 с.

#### УДК 624

### КРИТЕРИИ И МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

*д.т.н. Савицкий Н.В., к.т.н. Никифорова Т.Д., к.т.н. Лаухина Л.Н.,  
к.т.н. Матюшенко И.Н., Бардах А.Е., Пишинько П.А.  
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и  
архитектуры»*

**Актуальность проблемы.** Бетон и железобетон являются основными конструктивными материалами в современном строительстве. Область и объемы применения этих материалов продолжают расширяться. В последние годы в практике строительства прослеживается тенденция к применению конструкций, совмещающих несущие и ограждающие функции, а также функции технологического оборудования. Вместе с этим усложняются и ужесточаются условия их работы. Кроме обычных силовых воздействий (нагрузки) конструкции подвергаются всевозможным воздействиям среды в виде веществ, энергии или их комбинации.

Одним из наиболее распространенных воздействий на конструкции являются агрессивные воздействия, которые обусловлены наличием природных или искусственных по своему происхождению агрессивных сред.

Необходимость расширения исследований и изучения особенностей поведения бетона и железобетона в условиях воздействия агрессивных сред обусловлена требованиями всемерного снижения издержек от коррозии строительных конструкций.

#### **Изложение материала исследований.**

Современный уровень знаний и техника контроля состояния арматуры исключает возможность принимать в расчетах долговечности конструкций какую бы то ни было степень коррозии арматуры или потери сцепления с бетоном (вследствие коррозии). Поэтому возникновение опасности коррозии арматуры или нарушения сцепления следует рассматривать как отказ

конструкций. Таким образом, расчет условий недопущения коррозии арматуры и нарушения сцепления арматуры с бетоном включает расчет количества внесенного (вынесенного) компонента агрессивной среды (цементного камня) или продуктов их взаимодействия (новообразований), характеризующего накопление (удаление) в количествах, опасных с точки зрения возникновения коррозии арматуры, нарушения ее сцепления с бетоном или разрушения защитного слоя.

Защитный слой или технологические параметры бетона защитного слоя обеспечивают безотказную работу арматуры при условии (при одномерном процессе массопереноса):

$$c_a(x = a_p, t) \leq c_{a,u}, \quad (1)$$

или

$$y(t) \leq a_p, \quad (2)$$

где  $c_a(x = a_p, t)$  - количество внесенного компонента агрессивной среды (вынесенного компонента бетона) или внесенного (вынесенного) продукта их взаимодействия (новообразований) на глубине, равной величине защитного слоя;  $c_{a,u}$  - предельное количество агрессивного компонента (компонента бетона) или новообразований, способных вызвать коррозию арматуры, погасить пассивирующие свойства или разупрочнить (разрушить) бетон;  $y(t)$  - глубина проникания агрессивного компонента, перерождения состава и структуры бетона в количествах, опасных для сохранности арматуры;  $a_p$  - величина защитного слоя бетона.

Основными критериями, вызывающими отказ конструкции принято (рис.1):

- уменьшение щелочности окружающего арматуру электролита до pH равного или меньше 11,5 при карбонизации или коррозии бетона (рис.1а);
- достижение концентрации хлоридов (Cl-) равной 3 мг/л или сульфатов – 800мг/л на поверхности арматуры (критическая концентрация) (рис.1б);
- разупрочнение бетона вследствие сульфатной коррозии (рис.1в).

Условия (1) и (2) в вероятностной трактовке запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} P(t) &= P[c_a(x = a_p, t) \leq c_{a,u}] = \\ &= P[c_a(x = a_p, t) - c_{a,u} \leq 0] \geq R_u, \quad (3) \\ P(t) &= P[y(t) \leq a_p] = \\ &= P[y(t) - a_p \leq 0] \geq R_u, \quad (4) \end{aligned}$$

где  $P(t)$  - вероятность безотказной работы защитного слоя;  $R_u$  - нормируемый уровень надежности защитного слоя.

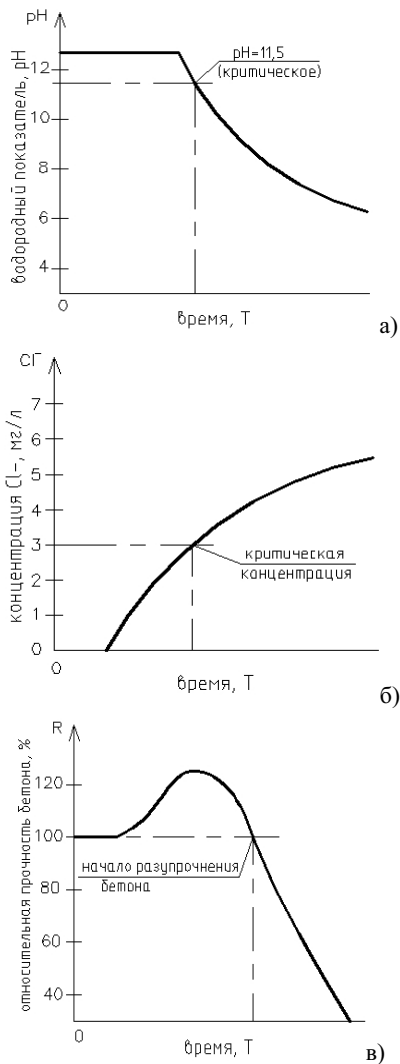


Рис.1. К определению долговечности ЖБК по критерию безотказной работы арматуры при  $x = a_p$ : а) водородный показатель равен или меньше 11,5; б) концентрация Cl- больше или равна 3г/л; в) начало разупрочнения бетона.

В случае нормального распределения параметров  $y(t)$ ,  $a_p$ ,  $c_a(x = a_p, t)$  и принятия  $c_{a,u}$ , как константы, вероятность безотказной работы защитного слоя определяется по значениям функции нормированного нормального распределения:

$$P(t) = F[\gamma(t)], \quad (5)$$

где  $F$  - табулированные значения функции нормированного нормального распределения;  $\gamma(t)$  - характеристика безопасности.

В случае использования условия (1):

$$\gamma(t) = \frac{\bar{c}_a(x = a_p, t) - c_{a,u}}{\sigma_{c_a(t)}}, \quad (6)$$

где  $\bar{c}_a(x = a_p, t)$ ,  $\sigma_{c_a(t)}$  - соответственно, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение величины  $c_a(x = a_p, t)$ .

В случае использования условия (2):

$$\gamma(t) = \frac{\bar{y}(t) - \bar{a}_p}{\sqrt{\sigma_y^2(t) + \sigma_{ap}^2}}, \quad (7)$$

где  $\bar{y}(t)$ ,  $\bar{a}_p$ ,  $\sigma_y(t)$ ,  $\sigma_{ap}$  - соответственно, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение величин  $y(t)$ ,  $a_p$ .

С достаточной для практических целей точностью значение функции нормируемого нормального распределения может быть определено по приближенной зависимости:

$$F[\gamma(t)] = 1 - z(\gamma)(b_1\chi + b_2\chi^2 + b_3\chi^3), \quad (8)$$

где

$$z(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0,5[\gamma(t)]^2}, \quad (9)$$

$$\chi = 1/(1 + b_0\gamma(t)), \quad (10)$$

значения коэффициентов  $b_0 = 0,33267$ ;  $b_1 = 0,4361836$ ;  $b_2 = -0,1201676$ ,  $b_3 = 0,937298$ .

### Выводы.

1. Предложены критерии и разработана методика расчета долговечности бетона защитного слоя железобетонных конструкций из условий недопущения коррозии арматуры и нарушения сцепления арматуры с бетоном, а именно расчет количества внесенного (вынесенного) компонента агрессивной среды (цементного камня) или продуктов их взаимодействия

(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,