

Рис. 1. Управление многоквартирным домом

Таким образом, учитывая вышесказанное можно сделать выводы, что реорганизация системы управления жилой недвижимостью может быть только грамотно спланированным по срокам и исполнителям проектом. Эффективное использование и управление жилой и нежилой недвижимостью, городскими активами, позволит, во-первых, снизить затраты на содержание указанного имущества, во-вторых, существенно увеличить доходную часть бюджета.

Учитывая изложенное, система управления многоквартирным домом с помощью управляющей компании будет выглядеть следующим образом:

Сегодня необходимы масштабные преобразования в жилищном секторе, которые должны охватить весь спектр проблем, а так же взаимодействие многих факторов, которые обуславливают конечный результат – создание комфортной среды для жизнедеятельности граждан. Таким образом, необходимо внедрение рыночных механизмов в сферу управления и обслуживания домов, а также создания конкурентной среды для привлечения новых участников рынка. Однако эти изменения должны сопровождаться правовым и экономическим обеспечением, проводиться путем модернизации существующей системы, так как они непосредственно будут влиять на жизнедеятельность всего населения и систему управления городом в целом.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України «Про об'єднання співвласників багатоквартирних будинків», від 14.02 2001 р. №39 // Урядовий кур'єр. – 2001 № 12.
2. Методические рекомендации органам исполнительной власти и местного самоуправления по реализации положений Жилищного Кодекса

Российской Федерации по вопросам управления многоквартирными домами. – М.: Издательство Прима-Пресс-М, 2006. - 96 с.

3. Програма розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2003-2010 рр. (Колектив авторів під керівництвом Шутенка Л.М., Бабаєва В.М., Семенова В.Т.). – Харків: ХДАМГ, 2003. – 208 с.

УДК 624.014:620.193.4

УЧЕТ КИНЕТИКИ СУЛЬФАТНОЙ КОРРОЗИИ БЕТОНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

к.т.н., доц. Никифорова Т.Д., д.т.н., проф. Савицкий Н.В.,
аспирант Арбузова О.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Актуальность проблематики. Еще 25 лет назад Р. Стерлинг, Дж. Кармоди и др. отмечали, что «...человек всегда обращался к земле, чтобы защититься от воздействия неблагоприятных и экстремальных климатических условий. Лишь исторически непродолжительная эра доступного и дешёвого топлива позволила строить дома, не зависящие от климатических условий, и снабжать эти дома энергией... Теперь, когда количество природного топлива сокращено, а цены на него быстро растут, настало время пересмотреть взгляды на те возможности, которые предлагает нам земля».

В условиях энергетического и экологического кризиса строительство заглубленных зданий приобретает все большую актуальность, являясь ключом к сохранению окружающей природной среды, экономии топливно-энергетических ресурсов.

В числе многих достоинств заглубленных зданий следует выделить:

- эффективное использование разработанного грунта, который, как правило, оставляется на площадке и применяется в качестве средства присыпки (обваловки) здания и организации ветрозащитных и солнцеаккумулирующих форм рельефа на территории участка;
- совмещение функционального назначения конструкций заглубленных зданий или сооружений;
- прекрасные эксплуатационные характеристики наружных ограждений: во-первых, вземление здания позволяет значительно сократить (или исключить полностью) его наиболее дорогостоящие фасадные поверхности, а во-вторых, теплоинерционные массивы грунта, укрывающие стены и кровли, смягчают резкие колебания температурно-влажностных параметров внешней среды, предохраняя материалы покрытий от быстрого разрушения;
- снижение эксплуатационных затрат на обеспечение теплового комфорта в помещениях с временным или постоянным пребыванием людей;
- высокую тепловую инертность, выражающуюся в очень медленной теплоотдаче (при отключении источника тепла температура внутреннего воздуха в заглубленном здании снижается на 1-2°С в сутки);

- высокую градостроительную маневренность: заглубление позволяет, к примеру, компактно располагать весьма крупные объекты в условиях мелкомасштабной (в т.ч. исторической) застройки, не нарушая сложившегося характера среды и обеспечивая дополнительные рекреационные пространства;
- сохранение окружающей природной среды.

Существенными недостатками заглубленных зданий является некоторая усложненность решения проблем дренажа и гидроизоляции в условиях высоких грунтовых вод, а также естественного освещения и вентиляции внутренних помещений: с одной стороны, повышенная герметичность наружных ограждений исключает неконтролируемый приток наружного воздуха, обеспечивая максимальную регулируемость микроклиматических параметров помещений, а с другой, это предполагает неизбежность устройства механических систем вентиляции, которые снижают содержание озона и ухудшают ионный состав воздуха в помещениях.

При строительстве полузаглубленных зданий (а они в условиях равнинных ландшафтов, как правило, наиболее экономичны) требуется резерв территории для обваловки, поэтому одной из наиболее распространенных форм использования свойств грунта могут стать грунтовые и дерновые покрытия, устройство которых возможно и во всех отношениях целесообразно как на вновь строящихся, так и на реконструируемых зданиях [1].

Кроме того, железобетонные конструкции заглубленных зданий больше подвержены действию агрессивных внешних сред, чем наземные. Одним из путей обеспечения надежности и эффективности строительства заглубленных зданий является исследование коррозионных воздействий окружающей среды на конструкции заглубленных зданий и разработка методологии проектирования конструкций заглубленных зданий с учетом развития коррозионных процессов в бетоне и арматуре.

Постановка задач исследования.

Поскольку часть конструкций заглубленных зданий является практически неремонтопригодными, на стадии проектирования заглубленных зданий необходимо учитывать развитие коррозионных процессов в железобетонных конструкциях с учетом кинетики коррозии бетона и арматуры.

Цель настоящих исследований – влияние коррозионного воздействия и агрессивности сульфатной среды на прочностные характеристики железобетонных конструкций заглубленных зданий с учетом развития коррозионных процессов в бетоне.

Изложение основного материала.

Агрессивность среды одно из важнейших понятий при проектировании коррозионной защиты конструкций, которое может быть конкретизировано только тогда, когда мы будем рассматривать и оценивать взаимодействие конкретного бетона конструкций заглубленных зданий с внешней средой. При нормировании агрессивности и оценке степени агрессивности следует всегда иметь в виду, к какому материалу, какому бетону эта агрессивность определяется и оценивается. Главным на сегодняшний день нормативным документом по проектированию антикоррозионной защиты является СНиП «Защита строительных конструкций от коррозии» [2]. Эти нормы содержат показатели агрессивности и оценку её степени применительно к бетонам различной проницаемости, изготовленных на различных цементах. При этом

они дифференцированы для бетона и железобетона. Агрессивные среды классифицируются по следующим параметрам:

- по степени воздействия на строительные конструкции: неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные;
- по физическому состоянию среды: газообразные, твердые и жидкие;
- по характеру действия среды: химические, биологические активные среды.

Вид среды, в которой работает та или иная конструкция заглубленного здания, влияет на выбор методов и материалов антикоррозионной защиты.

Неправильная оценка агрессивных факторов, несоответствие качества бетона конструкций условиям их работы, а зачастую недооценка строительными организациями или службами эксплуатации антикоррозионных мероприятий, приводят нередко к повреждениям или полному выходу из строя строительных элементов.

Для заглубленных зданий характерно влияние газовых сред и жидких сульфатных сред, содержащихся в грунтовых водах Украины.

Коррозия железобетона в газовых средах встречается довольно часто. Механизм действия на бетон кислых газов заключается в том, что, проникая в поры бетона, эти газы растворяются в жидкой фазе, образуют кислоты и, в первую очередь, нейтрализуют гидроксид кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), понижая тем самым щелочность бетона защитного слоя (характеризуемую водородным показателем pH [3]).

Сульфатные растворы - один из наиболее распространённых типов агрессивных сред. Природной агрессивностью, например, обладают грунтовые воды юга Украины. Сульфаты встречаются в большинстве природных вод. В пресных озерах и реках содержание сульфат-ионов обычно не превышает 60 мг/л и редко доходит до 100 мг/л. В минерализованных грунтовых водах оно значительно выше. В морской воде при солёности 33-35 г/л количество сульфат ионов составляет 2500-2700 мг/л. Для примера можно привести следующие цифры: при нормальной влажности для португальского цемента по ГОСТ 10178-76 среднеагрессивной будет среда с содержанием сульфатов в грунте от 250 мг/кг и выше. А при содержании сульфатов свыше 1000 мг/кг среда уже является сильноагрессивной и требует особого внимания.

Защита железобетонных конструкций заглубленных зданий от коррозии.

При проектировании защиты железобетонных конструкций заглубленных зданий от коррозии должны учитываться многие факторы: особенности физико-химических процессов коррозии, агрессивность среды, состав бетона и его класс, нагрузки и т.д. Также должен учитываться срок, на который проектируется здание. В строительных нормах ДБН В.1.2-2:2006 [4] впервые вводится коэффициент, учитывающий срок службы конструкции. Все конструкции в зависимости от срока, на который проектируется конструкция делятся на ремонтнопригодные и неремонтопригодные.

В зависимости от ремонтпригодности конструкции решается вопрос о возможных вариантах антикоррозионной защиты. В конструкциях неремонтпригодных защита предусматривается на весь период эксплуатации, с учетом невозможности проведения ремонта. В то время, как в ремонтпригодных конструкциях возможны периодические ремонты в ходе эксплуатации.

В действующем СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции [5] расчет и проектирование конструкций выполняется по критерию недопущения изменения прочностных и деформативных свойств бетона и арматуры в агрессивных средах, т.е. без учета возможности развития процессов коррозии и накопления коррозионных повреждений в бетоне и арматуре [2]. Этого достигают путем соблюдения конструктивных требований и выполнения первичной и/или вторичной защиты конструкций от коррозии.

В связи с тем, что конструкции заглубленных зданий, граничащие с окружающим их грунтом являются неремонтпригодными, они должны проектироваться только с учетом первичной защиты от коррозии на заданный срок эксплуатации здания.

На сегодняшний день действующие нормы проектирования антикоррозионной защиты носят рецептурный характер, в них не содержится количественных зависимостей для расчета кинетики коррозии бетона и арматуры [7]. Таким образом, необходим учет кинетики коррозионных повреждений на стадии проектирования, что позволит создавать конструкции на заданный срок службы в конкретных условиях эксплуатации.

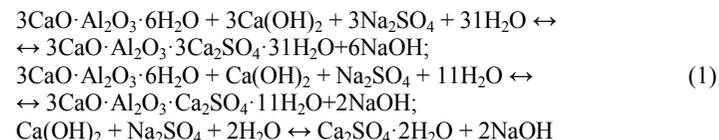
Проведенные за последнее время эксперименты [3, 6, 8, 9, 10], показывают рациональность разработки и применения численных методов расчета коррозионных повреждений. Имея определенный алгоритм расчета развития процесса коррозии станет возможным решить вопросы антикоррозионной защиты на стадии проектирования. Подобные расчеты позволяют учесть все факторы, влияющие на работу конструкции. На основе результатов таких расчетов выбирается наиболее рациональный метод антикоррозионной защиты для каждого конкретного случая.

Учет воздействия сульфатной агрессивной среды на конструкции заглубленных зданий.

Железобетонные конструкции заглубленных зданий подвержены воздействию жидкой сульфатной среды - грунтовые воды, насыщенные разнообразными солями.

Для учета воздействия сульфатной агрессивной среды на напряженно-деформированное состояние и прочностные характеристики железобетонных конструкций заглубленных зданий с учетом развития коррозионных процессов в бетоне предлагается использовать алгоритм расчета кинетики коррозии бетона, предложенный Савицким Н.В.[6].

Исследованиями [6] установлено, что при воздействии на бетон сульфат-ионов образуются гидросульфалоюминаты кальция (ГСАК) и гипс. Реакции протекают по следующим схемам (на примере воздействия Na_2SO_4):



В результате кристаллизации увеличивается объем новообразований, например, объем ГСАК увеличивается примерно в 2...3 раза. Вследствие этого возникают внутренние напряжения, приводящие к разрушению бетона.

Кинетику сульфатной коррозии бетона определяют многие факторы, которые можно разделить на внутренние, внешние и условия их взаимодействия. К внутренним факторам относятся следующие: химико-минералогический состав цемента (количество C_3A , C_3S , C_4AF , гипса, активных добавок – минеральных или шлаков и др.), количество активных (например, карбонатных) заполнителей в бетоне, структурные характеристики бетона, вид и количество модифицирующих добавок в бетон. К внешним факторам относятся: концентрация SO_4^{2-} в растворе, вид катионов, связанных с SO_4^{2-} , pH раствора, вид и концентрация сопутствующих анионов в многокомпонентной схеме агрессивного раствора (например, HCO_3^- , Cl^-). К условиям их взаимодействия относятся: характер воздействия среды (постоянное погружение, наличие испаряющей поверхности, наличие градиента давления) режим воздействия (стационарный, нестационарный), продолжительность воздействия, напряженное состояние, температура.

Кинетику накопления связанных цементным камнем сульфат-ионов при диффузионном механизме массопереноса возможно описать дифференциальным уравнением:

$$\frac{dC_s}{dt} = D \frac{d^2 C_s}{dZ^2} - kC_s^m, \quad (2)$$

где C_s – концентрация сульфат-ионов; t – продолжительность воздействия среды; D – эффективный коэффициент диффузии сульфат-ионов; Z – координата; k – константа скорости реакции; m – порядок реакции.

Эффективный коэффициент диффузии сульфат-ионов является сложной функцией вида:

$$D = D[\bar{C}, \bar{C}, \bar{C}, \bar{C}, \bar{C}, P_1, \alpha, \sigma(Z, t), Q_{\text{SO}_3}(Z, t), T], \quad (3)$$

где \bar{C} , \bar{C} , \bar{C} – соответственно содержание цемента, мелкого и крупного заполнителя в бетоне; \bar{C} – водоцементное отношение; P_1 – параметры, характеризующие режим твердения; α – степень гидратации цементного камня; $\sigma(Z, t)$ – напряжение; $Q_{\text{SO}_3}(Z, t)$ – количество связанных цементным камнем сульфат-ионов; T – температура.

Константа скорости химической реакции характеризует степень активности внутренней поверхности цементного камня. Ее можно представить в виде функции:

$$k = k(n_{C_3A}, n_{C_3S}, n_{C_2S}, n_{C_4AF}, n_{CaSO_4}, n_A, n_{Ag}, K_i^+, pH, C_i^-, T) \quad (4)$$

где $n_{C_3A}, n_{C_3S}, n_{C_2S}, n_{C_4AF}, n_{CaSO_4}, n_A$ – соответственно количество $C_3A, C_3S, C_2S, C_4AF, CaSO_4$, гипса, активных добавок в цементе; n_{Ag} – количество активных заполнителей в бетоне; K_i^+ – вид катионов, связанных с SO_4^{2-} , C_i^- – вид и концентрация сопутствующих анионов, T – температура.

С учетом (3) и (4) уравнение (2) принимает вид:

$$\frac{dC_s}{dt} = D \left[\ddot{O}, \dot{I}, \dot{U}, \hat{A}/\tilde{N}, P_i, \alpha, \sigma(Z, t), Q_{SO_3}(Z, t), T \right] \frac{d^2 C_s}{dZ^2} - k(n_{C_3A}, n_{C_3S}, n_{C_2S}, n_{C_4AF}, n_{CaSO_4}, n_A, n_{Ag}, K_i^+, pH, C_i^-, T) C_s^m \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение (5) не имеет аналитического решения. Решение возможно численными методами с использованием ЭВМ. Для практического применения в инженерной практике предложена функция, являющаяся приближенным решением уравнения (5).

Расчетные положения учета кинетики сульфатной коррозии бетона при проектировании конструкций заглубленных зданий

Для решения вопроса о расчете необходимой антикоррозионной защиты необходимо знать прочность бетона к концу срока эксплуатации заглубленного здания. Изменение прочности бетона при действии растворов сульфатов предлагается описывать выражением [8]:

$$R_b(z, t) = \gamma_{ba}(t) \gamma_{bg}(t) \gamma_{bs}(z, t) R_b \quad (6)$$

где $R_b(z, t)$ – прочность объема бетона с координатой z в момент времени t при воздействии растворов сульфатов; $\gamma_{ba}(t), \gamma_{bg}(t), \gamma_{bs}(z, t)$ – коэффициенты условий работы, учитывающие соответственно эффект адсорбционного снижения прочности бетона при водонасыщении, процесс гидратации цементного камня, результат взаимодействия активных компонентов среды и цементного камня.

При расчетах учитывается только коэффициент $\gamma_{bs}(z, t)$, так как именно он задает характер изменения прочности бетона, а остальные коэффициенты не имеют значительного влияния на характер и значения прочности по истечению исследуемого времени t .

$$\gamma_{bs}(z, t) = 1 + a_{13} Q_{SO_3}(z, t) \left[a_{14} - Q_{SO_3}(z, t) \right], \quad (7)$$

где $a_{13} = 4 \cdot 10^{-3}$; $a_{14} = 6,0$ – коэффициенты, полученные экспериментальным путем, $Q_{SO_3}(z, t)$ – распределение связанных цементным камнем сульфат-ионов при одномерной диффузии и стационарном режиме воздействия среды.

Распределение связанных цементным камнем сульфат-ионов при одномерной диффузии и стационарном режиме воздействия среды описывается эмпирическими зависимостями:

если

$$Q_{SO_3}(z=0, t) \leq Q_{SO_3,u} : \quad Q_{SO_3}(z, t) \leq Q_{SO_3,u}(z=0, t) \left[1 - \frac{z}{y(t)} \right]^k \quad (8)$$

если

$$Q_{SO_3}(z=0, t) > Q_{SO_3,u} : \quad Q_{SO_3}(z, t) = \begin{cases} Q_{SO_3,u}, & \text{if } z \leq y_2(t) \\ Q_{SO_3,u} \left[1 - \frac{z - y_2(t)}{y(t)} \right]^k, & \text{if } y_2(t) < z \leq y(t) + y_2(t) \end{cases}$$

В формуле (8): $Q_{SO_3}(Z=0, t)$ – количество связанных цементным камнем сульфат-ионов в краевом (поверхностном) слое; Z – текущая координата, отсчитываемая от краевого волокна; t – продолжительность воздействия раствора, содержащего сульфаты; $y_2(t)$ – ширина фронта взаимодействия; $y(t)$ – глубина разрушенных слоев; k – показатель степени, с помощью которого можно варьировать крутизну распределения связанных сульфат-ионов; $Q_{SO_3,u}$ – предельное количество SO_3 , при котором бетон полностью теряет прочность.

Параметры процесса сульфатной коррозии определяются по следующим зависимостям:

$$Q_{SO_3}(Z=0, t) = kq C_3^{0,5} \prod_{i=1}^3 \eta_i (\chi t)^{0,5}, \quad (9)$$

где

$$\prod_{i=1}^3 \eta_i = \eta_k \eta_A \eta_N, \quad (10)$$

$$y_3(t) = K_Z C_S^{0,5} \prod_{i=1}^5 \eta_i (\chi t)^{0,28}, \quad (11)$$

$$\prod_{i=1}^3 \eta_i = \eta_k \eta_B \eta_C \eta_f \eta_w, \quad (12)$$

$$y_2(t) = K_Z C_S^{0,5} \prod_{i=1}^5 \eta_i [(\chi t)^{0,28} - (\chi t_{ch,2})^{0,28}], \quad (13)$$

$$t_{ch,2} = \left(\frac{Q_{SO_4}}{K_q C_S^{0,5} \prod_{i=1}^3 \eta_i} \right)^2 \chi^{-1} \quad (14)$$

В формулах (9-14): t – продолжительность воздействия раствора, содержащего сульфаты, год; $t_{ch,2}$ – время до начала разрушения поверхностного слоя бетона, год; χ – размерный коэффициент, год⁻¹; K_Z , K_q – константы процесса сульфатной коррозии: $K_q = 0,05$ (л/мг)^{0,5}; $K_Z = 0,02$ (л/мг)^{0,5}·см; C_S – концентрация SO_4^{2-} , мг/л; η_i – коэффициенты, учитывающие влияние факторов на параметры кинетики сульфатной коррозии бетона.

Более подробное описание расчета и значения всех экспериментальных коэффициентов приведено в работе [8].

Таким образом, зная характеристики бетона конструкций заглубленных зданий, агрессивность среды возможно запроектировать конструкцию с учетом первичной защиты от коррозии на заданный срок эксплуатации здания.

Выводы

Все заглубленные здания в силу специфики своего расположения эксплуатируются в условиях воздействия внешних агрессивных сред.

Для заглубленных зданий характерно влияние жидких сульфатных сред, содержащихся в грунтовых водах Украины, в связи с этим, конструкции, которые граничат с окружающим их грунтом должны проектироваться только с учетом первичной защиты от коррозии на заданный срок эксплуатации здания.

Для учета воздействия сульфатной агрессивной среды на прочностные характеристики железобетонных конструкций заглубленных зданий предложены кинетические зависимости, учитывающие развитие сульфатной коррозии в бетоне и которые можно использовать при проектировании конструкций заглубленных зданий.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т.А. Маркус, Э.Н. Моррис. Здания, климат, энергия. Пер. с англ. под ред. Н.В. Кобышевой, Е.Г. Малявиной. - Ленинград, Гидрометеоздат, 1985. - 544 с.
2. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1986, - 48 с.
3. Краснюк Т.В. Оптимизация первичной защиты арматуры железобетонных конструкций в агрессивных газовых средах. Дисс...канд. техн. наук.–Дн-ск, 2001.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – К.: Держбуд України, 2006.
5. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1985. - 79 с.
6. Савицкий Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах, Дисс. ... докт. техн.наук. – Дн-ск, 1994.
7. Коррозия железобетонных конструкций в агрессивных средах и методы восстановления их эксплуатационной пригодности/ Арбузова О.А., Гарбар Н.Ю., Савицкий Н.В., Никифорова Т.Д./ Сб. научн. тр. ПГАСА: Строительство, материаловедение, машиностроение. - № 45, ч.4. – Дн-ск, ПГАСА, 2008. – С. 62 – 63.
8. Пунагин В.Н., Приходько А.П., Савицкий Н.В. Долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций. - Киев УМК ВО 1988, 105 с.
9. Алексеев С.Н, Иванов Ф.М., Модры С., Шисль П.. Долговечность железобетона в агрессивных средах - М.: Стройиздат, 1990.- 320 с.
10. Тытюк А.А. Долговечность железобетонных изгибаемых элементов в жидких сульфатных средах. Дис... канд. техн. наук. - М., 1990. - 226 с.

УДК 69.059.7

ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ

д.т.н., проф. Павлов И.Д., к.т.н., доц. Терех М.Д.,
к.т.н., доц. Арутюнян И.А.

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

Постановка проблемы. В связи с повышением нормативных значений термического сопротивления ограждающих конструкций жилых зданий актуальным становится вопрос поиска таких конструктивных решений, которые бы отвечали действующим требованиям. Выполнение этого достигается утеплением ограждающих конструкций теплоизоляционными материалами, которые должны защищаться от наружных воздействий защитно-декоративным слоем, способным при необходимости сохранить или улучшить архитектурно-художественный облик здания или помещения.

В практике устройства дополнительной теплозащиты стен существуют следующие основные способы ее расположения: с наружной или внутренней стороны стены, а также в середине стенового ограждения. Также встречается конструктивно-технологическое решение устройства теплозащиты зданий с расположением утеплителя с наружной и внутренней стороны стены