

Т.Ф. Ельчищева, М.М. Ельчищев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

В настоящее время в народнохозяйственном комплексе страны ощущается острая нехватка строительных объектов различного уровня. Многие существующие объекты гражданского, промышленного и сельскохозяйственного строительства были построены еще в 60-е годы прошлого века и не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к функциональному процессу, конструкциям и материалам. Растут затраты на текущие и капитальные ремонты таких зданий. В жилищном строительстве не хватает как социального жилья, общежитий, так и элитного многоквартирного и индивидуального жилья. В промышленном и сельскохозяйственном строительстве не хватает зданий, отвечающих современным требованиям по защите от воздействия окружающей среды и организации производственного процесса.

Поэтому прогнозирование долговечности зданий по основным нормируемым показателям является важной задачей, актуальной как для эксплуатируемых зданий – с целью предотвращения отказов конструкций и возникновения аварийных ситуаций, так и для зданий на стадиях проектирования и строительства – с целью прогнозирования межремонтных сроков и разработки рекомендаций по их увеличению.

Из всех конструкций здания в наиболее сложных условиях эксплуатации находятся наружные стены, подвергающиеся неблагоприятным

ятному влиянию атмосферных факторов и разделяющие две среды, внутреннюю и наружную, с различными температурно-влажностными условиями.

Основными показателями долговечности являются [1]:

1. Средний срок службы («математическое ожидание» в терминах теории вероятностей);

2. Средний срок службы до среднего (капитального) ремонта, т.е. средний срок эксплуатации от начала эксплуатации до первого среднего (капитального) ремонта (сравнительная долговечность);

3. Средний срок службы до исчерпания эксплуатационной способности (списания), т.е. от начала эксплуатации до предельного состояния с учетом средних (капитальных) ремонтов (фактическая долговечность).

Известно, что долговечность наружных ограждающих конструкций напрямую зависит от процессов деструкции, происходящих в стеновом материале и связанных с возникающими в нем напряжениями. В монографии [1] указаны два вида напряжений, приводящие к деструкции стенового материала:

1. От вынужденных деформаций – температурных, усадки и набухания материала;

2. От криогенных фазовых превращений влаги в порах материала.

Изучению первого вида напряжений, вызываемого деформациями, возникающими во влажных капиллярно-пористых стеновых материалах, и ползучестью отдельных компонентов строительных материалов при положительных температурах, посвящены обширные монографии [2, 4].

Анализ процессов, происходящих при отрицательных температурах в стеновых материалах, содержащих влагу, представлен в работе [3]. Авторами исследовались деформации матрицы (скелета) материала, возникающие в образцах ячеистого бетона плотностью $\gamma = 725 \text{ кг/м}^3$, прочностью $R = 7,5 \text{ МПа}$ с различным начальным содержанием влаги. Были рассмотрены 3 уровня влагосодержания W , кг/кг – 0,209, 0,343 и 0,515 при нагревании и охлаждении в климатической камере в области положительных и отрицательных температур. Выполненные исследования показали, что при положительных температурах происходят лишь свободные температурные деформации матрицы материала (сокращение или расширение), которые зависят от уровня влагосодержания. При среднем и максимальном уровнях влагосодержания коэффициент линейного расширения ячеистого бетона α , $^{\circ}\text{C}^{-1}$ был, соответственно, на 8,9 и 25% (отн.) больше, чем при минимальном уровне влагосодержания.

Наиболее интенсивные деформации наблюдались, когда температуру в климатической камере понижали до температуры начала замер-

зания влаги $t_{из}$, °С. Тогда в стеновом материале наблюдались фазовые превращения влаги, которые вызывают второй вид напряжений в матрице и связаны с процессами замораживания и оттаивания стенового материала. Защемленная льдом вода оказывала гидростатическое давление на стенки пор, вызывая напряжения и деформации в матрице материала вследствие увеличения объема внутриводной влаги при замерзании и образовании в порах материала кристаллов льда. Известно, что при криофазных превращениях воды в порах стенового материала ее объем увеличивается за счет льдообразования на 9,037% (отн.). Эксперименты, выполненные авторами [3], показали, что остаточные деформации тем больше, чем выше влажность материала. При среднем и максимальном уровнях влагосодержания наблюдаемые относительные деформации растяжения ϵ_+ матрицы ячеистого бетона уже при первом цикле «замораживание – оттаивание» были больше, чем при минимальном уровне W , соответственно, в 8 и 17 раз. Остаточные деформации матрицы материала $\epsilon_{ос}$ при среднем и максимальном уровнях W были выше, чем при минимальном уровне влагосодержания, соответственно, в 3 и 10 раз.

Таким образом, в работе [3] было установлено, что при положительных температурах деформации в материале происходят менее интенсивно, чем при отрицательных. Был сделан вывод о прямо пропорциональной зависимости между количеством образующейся твердой криофазы (кристаллов льда) и деформациями растяжения, а также остаточными деформациями матрицы. С.В. Александровским также отмечено, что полного замерзания поровой влаги в стеновом материале не наблюдалось вследствие содержания в ней водорастворимых компонентов и образования растворов различной концентрации. Были указаны два пути образования растворов:

1. Растворение в поровой влаге технологических добавок, которые вводятся в стеновой материал в процессе его изготовления и регулируют структуру бетона (газообразователи или воздухововлекающие добавки) и скорость твердения бетонной смеси (противоморозные добавки).
2. Растворение в поровой влаге аэрозоля солей, кислот и оснований, проникающего в толщу стенового материала ограждающих конструкций из наружного воздуха и внутренней производственной среды на предприятиях химической промышленности.

Однако растворы в поровом пространстве стеновых материалов автором [1] рассматривались лишь как среда, из которой кристаллизуется некоторое количество льда. Последнее зависит от температуры начала замерзания поровой влаги, которая связана с концентрацией раствора. Было указано на понижение температуры замерзания раствора поваренной соли NaCl с $-0,9$ до $-8,6$ °С при ее содержании от

1,5 до 14 г на 100 г воды, что соответствует концентрации раствора c , % (мас.) 1,48...12,28. При этом происходит уменьшение количества кристаллов льда в поровом пространстве стенового материала при их выпадении из раствора по сравнению с кристаллизацией из чистой воды при той же температуре.

Однако в работе [1] были рассмотрены только разбавленные растворы хлорида натрия (концентрация насыщенного раствора NaCl при 20 °С составляет $c_n = 26,416\%$ (мас.)). В действительности, как показывают исследования (большой вклад в исследование свойств наружных ограждающих конструкций, содержащих растворы солей в поровом пространстве, внесли: В.И. Бареев, А.М. Береговой, В.А. Езерский, А.А. Минас, В.М. Москвин, Н.А. Мощанский, В.И. Никитин, В.А. Обьедков), в наружных стенах зданий химических предприятий, памятников архитектуры с нарушенной гидроизоляцией и зданиях, возводимых с использованием технологических добавок, часто находятся насыщенные растворы. Из таких растворов, наряду с кристаллами льда, выпадают кристаллы солей, однако в работе [1] это учтено не было. Причем эффект снижения количества образующегося льда при повышении концентрации раствора может поглощаться эффектом увеличения количества выпадающих кристаллов солей.

Поэтому имеет место 3-й вид напряжений, не учтенный в работе [1] – от фазовых превращений солей в порах стенового материала. При понижении температуры порового раствора в слое наружной ограждающей конструкции, находящемся в зоне отрицательных или слабо положительных температур, происходит более интенсивное выпадение из растворов кристаллической соли вследствие снижения растворимости соли при понижении температуры раствора. В соответствии с известными в химии диаграммами растворимости водно-солевых систем при различных температурах в порах стенового материала в системе «матрица материала – растворы солей – паровоздушная смесь» может выпадать разное количество криофазы и кристаллической соли. Последние могут быть как безводные (без связанных с молекулами соли молекул воды), так и кристаллогидраты, имеющие в своем составе химически связанную воду. Образование и накопление кристаллической соли может происходить как при отрицательных, так и при положительных температурах, тогда как замерзание влаги и накопление в порах твердой фазы в виде льда происходит только при отрицательных температурах. Поэтому, по сравнению с незасоленным стеновым материалом, где учитывается влияние на деструкцию материала, в основном, отрицательных температур, учет влияния солей, накопившихся в

толще стенового материала или наружного защитно-декоративного слоя ограждающей конструкции, актуален во всем наблюдающемся диапазоне температур. Это требует проведения дальнейших исследований состава внутрипорового вещества и учета влияния кристаллической соли на деструкцию стеновых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С.В. Александровский. – М., 2004. – 332 с.
2. Александровский, С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности с учетом ползучести / С.В. Александровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973.
3. Александровский, С.В. Исследование поведения ячеистого бетона при криогенных фазовых превращениях влаги / С.В. Александровский, Ю.Д. Ясин, А.Л. Силевестров // Исследования теплоизоляции зданий : тр. НИИСФ. – М. : ВНИИИС, 1985.
4. Арутюнян, Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести / Н.Х. Арутюнян. – М. : Гостехтеоретиздат, 1952.