

УДК 666.972

*Л.В. ЯНКОВСКИЙ, канд. техн. наук (yanekperm@yandex.ru),
Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

Анализ влияния климатических факторов на основные характеристики цементобетона строительных конструкций

Представлены результаты исследования влияния климатических условий на основные характеристики бетонов конструкций жилищного строительства: модуль и коэффициент упругости, уровни микротрещинообразования, водопоглощение бетона и др. Установлено, что процесс упрочнения во времени, характерный для бетонов, твердеющих в нормальных условиях, при воздействии климатической среды сопровождается деструкцией бетона во времени. Приведены экспериментальные данные по изменению характеристик бетонов под воздействием реальных погодных условий.

Ключевые слова: оценка состояния, цементобетонные конструкции, воздействие климата, остаточный ресурс, бетон, долговечность, срок службы.

Обеспечение срока службы конструкций из цементных бетонов, предназначенных для использования в жилищном строительстве, стало основной проблемой, решаемой в настоящее время проектировщиками и строителями [1, 2].

Общеизвестно, что климатические факторы характеризуются параметрами, существенно отличающимися от нормальных условий для твердения бетонов, изменяющимися в суточном и сезонном диапазонах температуры, влажности и солнечной активности. На долговечность цементобетонных конструкций, как показывают результаты исследований [3], существенное влияние оказывают не абсолютные значения температуры, а интервалы и скорость изменения температуры во времени, например, в Новосибирской области зафиксировано изменение температуры воздуха с 20 до -8°C за 11 ч, и максимальная разница температуры, например от 38°C летом до -52°C зимой. Температура поверхности сооружений из цементных бетонов существенно отличается от температуры воздуха, например известны результаты измерений температуры поверхности 52°C при температуре воздуха 42°C и -6°C при температуре воздуха $+8^{\circ}\text{C}$.

В России за последние сто лет наиболее выраженный прирост среднегодовой температуры (на $3,5^{\circ}\text{C}$) произошел в Восточной Сибири, Приамурье и Приморском крае. К середине XXI в. ожидается значительное повышение среднегодовой температуры воздуха на $3-4^{\circ}\text{C}$ в Западной Сибири, на $2-3^{\circ}\text{C}$ – на северо-востоке европейской части России, в Якутии и вдоль всего арктического побережья. Климат Москвы в последние годы стал характеризоваться большой изменчивостью атмосферной циркуляции, более частым вторжением теплых атмосферных фронтов и участвующим влиянием циклональных процессов, что обусловило увеличение температуры воздуха на $1,7^{\circ}\text{C}$. В центральном районе Сочи среднегодовой прирост температуры воздуха с 2004 г. по первое полугодие 2008 г. составил $0,7^{\circ}\text{C}$ при влажности воздуха 80–90% [4].

В связи с этим исследования влияния климата на свойства и структуру бетона конструкций и сооружений приобретают все большую актуальность.

Для прогнозирования долговечности цементобетонных строительных конструкций необходимо определить воздействие реального климата на изменение основных характеристик цементного бетона. Поэтому был осуществлен комплекс экспериментальных исследований лабораторных образцов по изменению свойств и структуры цементных бетонов с добавкой пластификатора и без добавки, пропаренных и не пропаренных, под воздействием климатической среды Урала и Сибири. Свойства сопоставлялись со свойствами аналогичных бетонов, не испытывающих действия климата (выдерживаемых в нормальных условиях).

Установлено, что результатом воздействия климатической среды на прочностные свойства бетонов является увеличение прочности в начальный период до 14 сут и уменьшение в более зрелом возрасте по сравнению с бетонами нормального твердения. Понижение прочности прекращается в возрасте примерно 90 сут, после чего начинается повышение, интенсивность которого зависит от состава бетона и минимальна для бетонов с добавкой пластификатора. Спады прочности совпадают в дальнейшем с сезонными изменениями температуры и влажности.

Интерес вызывает относительное изменение значений коэффициентов призмной прочности бетонов ($K_{пр}$) в результате воздействия климата. Установлено, что воздействие климатической среды приводит к увеличению значений $K_{пр}$ практически для всех бетонов, но пропарка способствует этому явлению в большей степени, однако пластификация бетонов добавкой смягчает этот эффект, а для не пропаренных бетонов в возрастах 28 сут, 6, 18 и 24 мес наблюдается уменьшение $K_{пр}$. Причем пластификация бетона в данном случае привела к уменьшению $K_{пр}$ твердевших в нормальных условиях, то есть оказала негативное действие на соотношение призмной (R_p) и кубиковой (R) прочно-

стей. Выявлена тенденция к снижению значений $K_{нп}$ с возрастом начиная с 12 мес.

Анализ данных показывает, что изменчивость R_b бетона, испытывающего воздействие климатической среды, больше, чем R для непропаренных, в 1,38, для пропаренных – в 1,31 и для пластифицированных бетонов – в 1,79 раза. При этом добавка повлекла за собой и увеличение среднего отклонения кубиковой прочности.

Выявлено, что процесс упрочнения во времени, характерный для бетонов, твердеющих в нормальных условиях, при воздействии климатической среды сопровождается деструкцией. Интенсивность деструкции зависит от состояния структуры бетона к началу климатического воздействия и от параметров климатической среды. Тепловлажностная обработка снижает чувствительность бетона к негативному воздействию климата. Пластификация бетона добавкой увеличила в нашем случае чувствительность пропаренного бетона к воздействию климата. Прочность бетона с добавкой, испытывающего воздействие климата начиная с 28-суточного возраста, меньше аналогичной прочности пропаренных бетонов, а в возрасте с 6 месяцев – меньше прочности бетонов естественного твердения.

Рассмотрим более подробно результаты экспериментов по следующим основным характеристикам цементных бетонов, которые несут более 80% информации об изменении свойств под воздействием климата [5]:

1. Модуль (E_b) и коэффициент упругости (ν) бетонов.

Экспериментально выявлено, что первоначальное превышение значений E_b и ν бетонов, испытывающих воздействие климата в возрасте 3 мес, прекращается и далее начинается их снижение относительно аналогичных характеристик бетонов, твердевших в нормальных условиях. Это может быть объяснено развитием микротрещин, приводящих к увеличению пластических деформаций, что подтверждается ранее проведенными исследованиями и согласуется с данными других авторов.

Относительная жесткость бетона E_b/R_b показывает, что пропаренные бетоны менее чувствительны к воздействию климата, а использование добавки привело к увеличению этой чувствительности. Во всех случаях воздействие климатической среды приводит к увеличению относительной жесткости.

2. Уровни микротрещинообразования бетонов – нижний $R_{кр}^0$ и верхний $R_{кр}^v$.

Бетоны, подверженные воздействию климатической среды, отличаются ярко выраженной изменчивостью уровней микротрещинообразования.

Причем пропаренные бетоны, твердевшие в нормальных условиях, характеризуются уменьшенными значениями $R_{кр}^v$ по сравнению с непропаренными бетонами, твердевшими в тех же условиях. По-видимому, это связано с тем, что при пропарке бетонных образцов в них возникли дефекты, которые при дальнейшем твердении в нормальных условиях залечились не полностью. При этом пластификация бетонной смеси добавкой практически не оказала влияния на нижний и верхний уровни микротрещинообразования бетонов, твердевших после пропарки в нормальных условиях.

Воздействие условий климатической среды привело к значительному уменьшению значений $R_{кр}^0$ и $R_{кр}^v$ для всех изучаемых бетонов. При этом в непропаренных бетонах уменьшение наблюдается в большей степени, чем в пропа-

ренных. Использование добавки не оказало влияния на $R_{кр}^0$ и $R_{кр}^v$ бетонов, испытывающих действие климата.

Как следует из полученных нами результатов, амплитуда колебаний значений $R_{кр}^0$ под воздействием климата примерно в два раза превышает амплитуду колебания $R_{кр}^v$, что позволяет сделать вывод о большей изменчивости параметра $R_{кр}^0$. Так, например, для бетона в возрасте 1,5 лет на 22,2; 13,3, или 11,1%, а $R_{кр}^v$ – на 6,5; 6; 7,4% соответственно. Во всех возрастах пропаренные бетоны при последующем твердении на солнце имеют большее значение параметров $R_{кр}^0$ и $R_{кр}^v$, чем бетоны естественного твердения (непропаренные). Это доказывает отличие информативности прочностных и деформативных характеристик. По-видимому, уровни микротрещинообразования несут информацию о негативном последствии воздействия климатической среды на бетон, не учитываемую прочностными и деформативными свойствами.

Полученные данные подтверждают, что воздействие климатической среды приводит к деструкции бетона во времени, которая протекает на фоне процесса упрочнения. Причем пластификация бетонной смеси добавкой практически не оказала влияния на уровни микротрещинообразования бетонов, твердевших после изготовления в нормальных условиях и под воздействием климата.

3. Водопоглощение бетона W .

Водопоглощение бетона рассматривается как параметр, характеризующий в какой-то степени его структуру – количество открытых пор и микро- и макродефектов соприкасающихся с поверхностью образцов.

Экспериментальные данные показали, что для бетонов, твердевших в нормальных условиях, характерно уменьшение водопоглощения во времени, что подтверждает сложившееся мнение исследователей об имеющем место самозалечивании бетона. Заслуживает внимания тот факт, что в достаточно зрелом возрасте водопоглощение пропаренных бетонов больше, чем бетонов естественного твердения, то есть сказывается дефектная наследственность, приобретенная в процессе пропарки. Интенсивность изменения водопоглощения пропаренных бетонов меньше, чем непропаренных. Влияние климата на изменение водопоглощения характеризуется скачками, которые совпадают с экстремальными климатическими перепадами, приводя в конечном итоге в возрасте 1,5 лет к увеличению водопоглощения в 3,2, 2 и 1,15 раза по сравнению с бетонами нормального твердения. На пропаренные бетоны условия климата влияют в меньшей степени.

Бетоны, пластифицированные добавкой, характеризуются большими значениями W при твердении в нормальных условиях и меньшими значениями при твердении под воздействием климата. Для всех бетонов, испытывающих воздействие климатической среды, характерно уменьшение водопоглощения начиная с трехмесячного возраста. Анализ полученных данных выявил, что в бетонах непропаренных и пропаренных, испытывающих воздействие климатической среды, процесс деструкции является доминирующим (относительное отклонение водопоглощения с возрастом увеличивается). По-видимому, водопоглощение отражает информацию о процессах, происходящих в бетонах под воздействием климатической среды, не отображенную другими рассмотренными характеристиками (R , R_b , $R_{кр}^0$, $R_{кр}^v$, E_b , ν), и характеризует в какой-то степени развитие и накопление микродефектов бетона под воздействием климата.

Данные исследования позволяют сформулировать следующие выводы, с помощью которых был в дальнейшем разработан метод расчета долговечности строительных конструкций из цементобетона [6].

Выводы

1. Установлено, что процесс упрочнения во времени, характерный для бетонов, твердеющих в нормальных условиях, при воздействии климатической среды сопровождается деструкцией бетона во времени, которая протекает на фоне процесса упрочнения. В бетонах непропаренных и пропаренных, испытывающих воздействие климатической среды, процесс деструкции является доминирующим.

2. Воздействие условий климатической среды привело к значительному уменьшению значений уровней микротрещинообразования $R_{ср}^0$ и $R_{ср}^y$ для всех изучаемых бетонов. Амплитуда колебаний значений $R_{ср}^0$ под воздействием климата в два раза превышает амплитуду колебания $R_{ср}^y$, что доказывает большую изменчивость под воздействием климата нижнего уровня микротрещинообразования $R_{ср}^0$.

3. Доказано, что изменчивость призмочной прочности R_b бетона, испытывающего воздействие климатической среды, больше, чем кубиковая прочность R . Экспериментально выявлено, что первоначальное превышение значений E_b и y бетонов, испытывающих воздействие климата в возрасте 3 мес, прекращается и далее начинается их снижение относительно аналогичных характеристик бетонов, твердевших в нормальных условиях.

Исследование проведено при финансовой поддержке Минобрнауки России из федерального бюджета в рамках

реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.; соглашение № 14.В37.21.1222.

Список литературы

1. Межнякова А.В., Овчинников И.Г. Методы оценки долговечности армированных конструкций при действии нагрузок и агрессивных сред // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 8. С. 44–45.
2. Рапопорт Н.В., Рапопорт П.Б., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э. Обоснование необходимости введения и идентификации комплексной марки или класса бетона // Строительные материалы. 2010. № 6. С. 22–31.
3. Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В. Проблемы долговечности цементных бетонов // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 38–41.
4. Измеров Н.Ф., Ревич Б.А., Коренберг Э.И. Оценка влияния потепления климата на здоровье населения – новая задача профилактической медицины // Вестник РАМН. 2005. № 11. С. 33–37.
5. Янковский Л.В. Оценка и прогноз состояния цементобетонов, эксплуатирующихся в условиях воздействия климата северных территорий // Строительные материалы. 2012. № 10. С. 4–6.
6. Янковский Л.В. Метод прогнозирования состояния цементобетонных строительных конструкций в условиях воздействия климата // Вестник гражданских инженеров. Серия «Архитектура. Строительство. Транспорт». № 5(34), 2012. С. 315–319.

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу



Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – канд. техн. наук М.К. Ишук

На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены с учетом поэтапности и длительности возведения, включая температурно-влажностные, а также конструктивные требования по назначению расстояния между горизонтальными и вертикальными швами, к конструкциям гибких связей и армированию кладки. Книга предназначена для работников проектных и контролирующих качество строительства организаций.

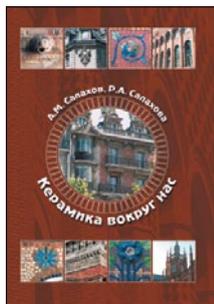
Книга «Керамика вокруг нас»

Авторы – канд. техн. наук А.М. Салахов, Р.А. Салахова

Керамика представлена как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов, а также технологическими параметрами их переработки.

Подробно рассмотрены глинистые минералы как основа керамического сырья. Проведено сравнение микроструктуры и минералогического состава различных видов обожженных керамических изделий, изготовленных как несколько веков назад, так и в наши дни.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам вузов технологических и архитектурно-строительных специальностей. Будет полезна архитекторам и проектировщикам, работающим в области жилищного и гражданского строительства.



Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «Стройматериалы»

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru