

Янковский Леонид Вацлавович
Yankovsky Leonid Vaslavovich
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ).
Канд. техн. наук, доцент
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer
E-mail: yanekperm@yandex.ru

Исследование влияния климата на процесс изменения прочности цементобетонных дорожных конструкций

Research influence of climate on process change durability of concrete road designs

Аннотация: Исследования проводились путем сопоставления бетона с добавкой пластификатора, подвергнутого тепловлажностной обработке и твердевшего в условиях воздействия реальной климатической среды, с тем же бетоном нормального твердения. Эксперименты подтверждают, что скорость и глубина гидратации бетона находятся в исключительной зависимости от условий твердения. Бетоны нормального хранения твердеют лучше, чем под воздействием климата и в них идет более глубокая гидратация, что подтверждается появлением больших количеств гидратных новообразований.

The Abstract: Researches were carried out by comparison concrete to an additive of the softener subjected to a warm damp processing and hardening in the conditions influence of the real climatic environment, to the same concrete a normal solidification. Experiments prove that speed and depth hydration concrete are in exclusive dependence on solidification conditions. Concrete normal storage harden better, than under the influence climate and to them there is deeper hydration that proves to be true emergence large numbers hydratny new growths.

Ключевые слова: Бетон, гидратация, твердение, воздействие климата, пластификатор.

Keywords: Concrete, hydration, solidification, climate influence, softener.

Одной из важнейших проблем строительной отрасли Российской Федерации является повышение эксплуатационных качеств конструкций зданий и сооружений из цементобетона и железобетона (далее бетона) и увеличение их срока службы. Срок службы может быть существенно продлен использованием различных технологий, добавок в бетоны, выбор и обоснование которых должны базироваться на результатах детальных обследований состояния бетона конструкций сооружений и прогнозировании развития различных видов разрушений.

Циклическое негативное воздействие параметров реального климата на бетон строительных конструкций способствует развитию микро- и макро дефектов в структуре, что приводит к снижению прочностных характеристик конструкций или сооружений. Поэтому давно замечено, что климатическое воздействие оказывает сильное влияние на долговечность бетона и это необходимо учитывать при проектировании [1, 2, 3]. Последствия длительного воздействия климата на структуру и свойства бетонов приготовленных по традиционным и новым технологиям изучены недостаточно полно. Поэтому экспериментальные исследования

характеристик бетонов строительных конструкций пластифицированных различными добавками, испытывающих воздействие климата, весьма актуальны[4, 5].

Данные исследования производились путем сопоставления бетона с добавкой пластификатора ПЯ-01, подвергнутого тепловлажностной обработке и, в дальнейшем, твердевшего в условиях воздействия реальной климатической среды, с тем же бетоном нормального твердения.

На рентгенограмме вяжущей части бетона (рис. 1), хранившегося 10 дней на солнце, обнаруживаются линии межплоскостных максимумов: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (4,92; 3,11; 2,62; 1,93; 1,79; 1,68А и др.), CaCO_3 (3,03; 2,45; 2,08; 1,91; 1,81А и др.), кварца (перешедшего при отборе вяжущей части бетона) (4,25; 3,33; 2,45; 2,28; 2,11; 1,81; 1,54А и др.), негидратированных минералов портландцементного клинкера C_3S и C_2S (2,78; 2,74; 2,27; 2,18 А и др.).

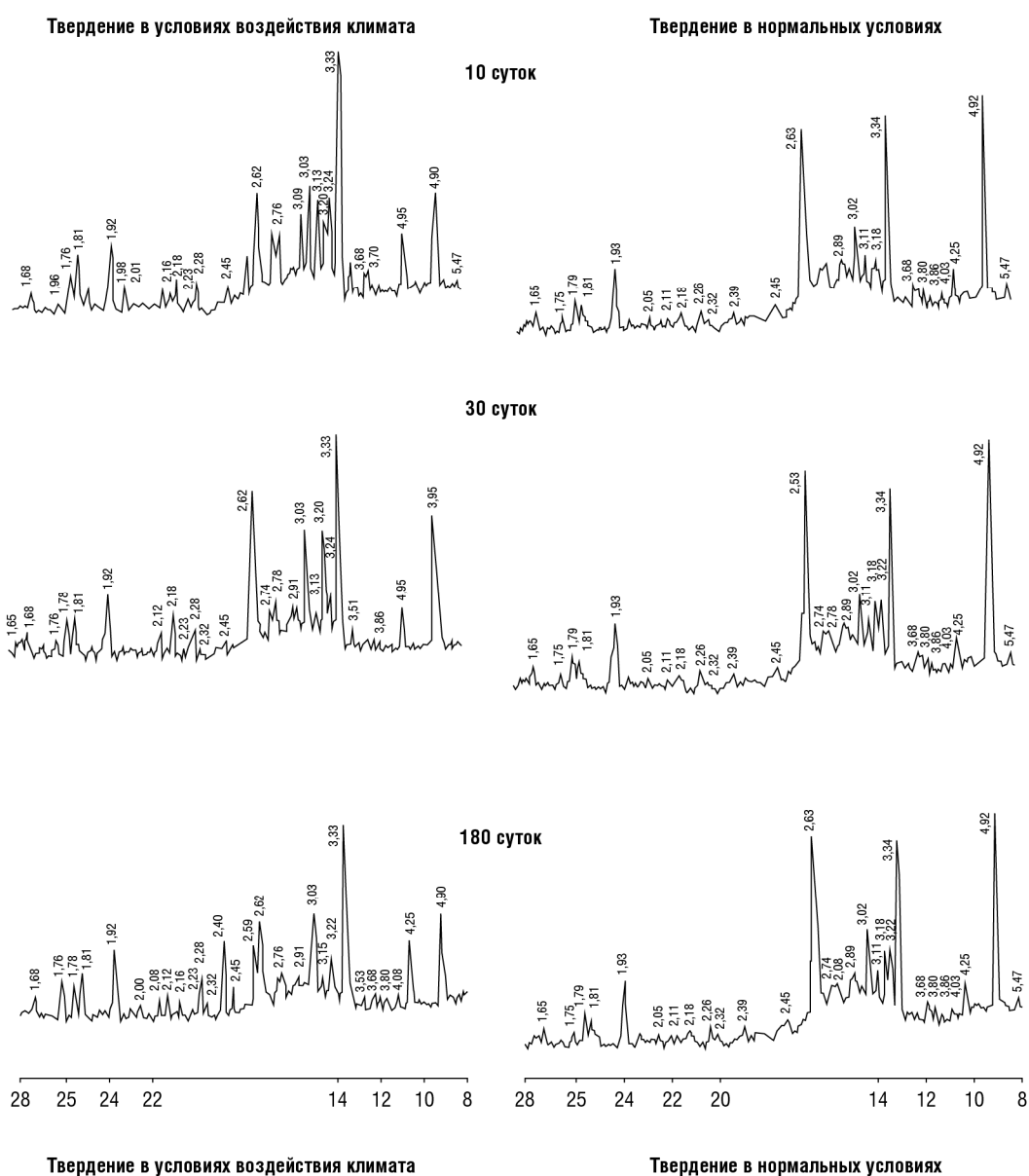


Рис. 1. Рентгенограммы вяжущей части бетонных образцов

В бетонных образцах, твердевших в течении одного месяца под воздействием климата, наблюдается увеличение интенсивности линий, относящихся к гидрату окиси кальция и кальциту; интенсивность линий негидратированных минералов цементного клинкера уменьшается.

Твердение под воздействием климата в течение 6 месяцев приводит к уменьшению интенсивности линий $\text{Ca}(\text{OH})_2$; линии, относящиеся к негидратированным минералам, остаются почти без изменений. Это объясняется тем, что при хранении образцов под воздействием климата в течении месяца идет интенсивная гидратация клинкерных минералов за счет влаги, содержащейся в бетонном образце, с образованием $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Карбонизация бетона шла в поверхностном слое и поэтому резкого увеличения содержания кальцита в образцах не наблюдается. В бетоне, твердевшем под воздействием климата больше одного месяца, влажность уменьшается, и процесс гидратации приостанавливается. Поэтому к 6-ти месячному сроку твердения содержание негидратированных минералов остается на том же уровне, что и в образцах одного месячного твердения.

Рентгенограммы вяжущей части бетона (рис. 1), твердевшего 10 дней в камере нормального твердения, по составу новообразований соответствуют рентгенограммам образцов, твердевших под воздействием климата. Так, на рентгенограмме присутствуют линии межплоскостных расстояний, характерные для углекислого кальция, кварца, негидротированных минералов цементного клинкера C_2S и C_3S и довольно большие максимумы, соответствующие гидрату окиси кальция.

С увеличением времени твердения максимумы, относящиеся к гидрату окиси кальция, возрастают, а максимумы, характерные для негидратированных минералов цементного клинкера, уменьшаются. К шести месяцам нормального твердения количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в пробе такой же как в пробе одного месячного твердения, а содержание негидратированных минералов совсем незначительно.

Следовательно, воздействие климатической среды не изменяет качество новообразований, но меняет количество их. Процесс гидратации цемента под воздействием климата протекает интенсивно в течение примерно одного месяца, потом практически останавливается, что является одной из причин снижения интенсивности или затухания, роста прочности во времени.

Кривые ДТА (рис. 2) вяжущей части бетона 10 дневного твердения под воздействием климата обнаруживают три эндотермических эффекта.

Первый эндоэффект, имеющий место при 100-300°C, соответствует дегидратации двухводного гипса, этtringита и гидросиликатов кальция.

Второй эндоэффект - при температуре 450-550°C - соответствует дегидратации гидрата окиси кальция.

Третий эффект наблюдается в интервале температур 800-900°C и соответствует декарбонизации углекислого кальция.

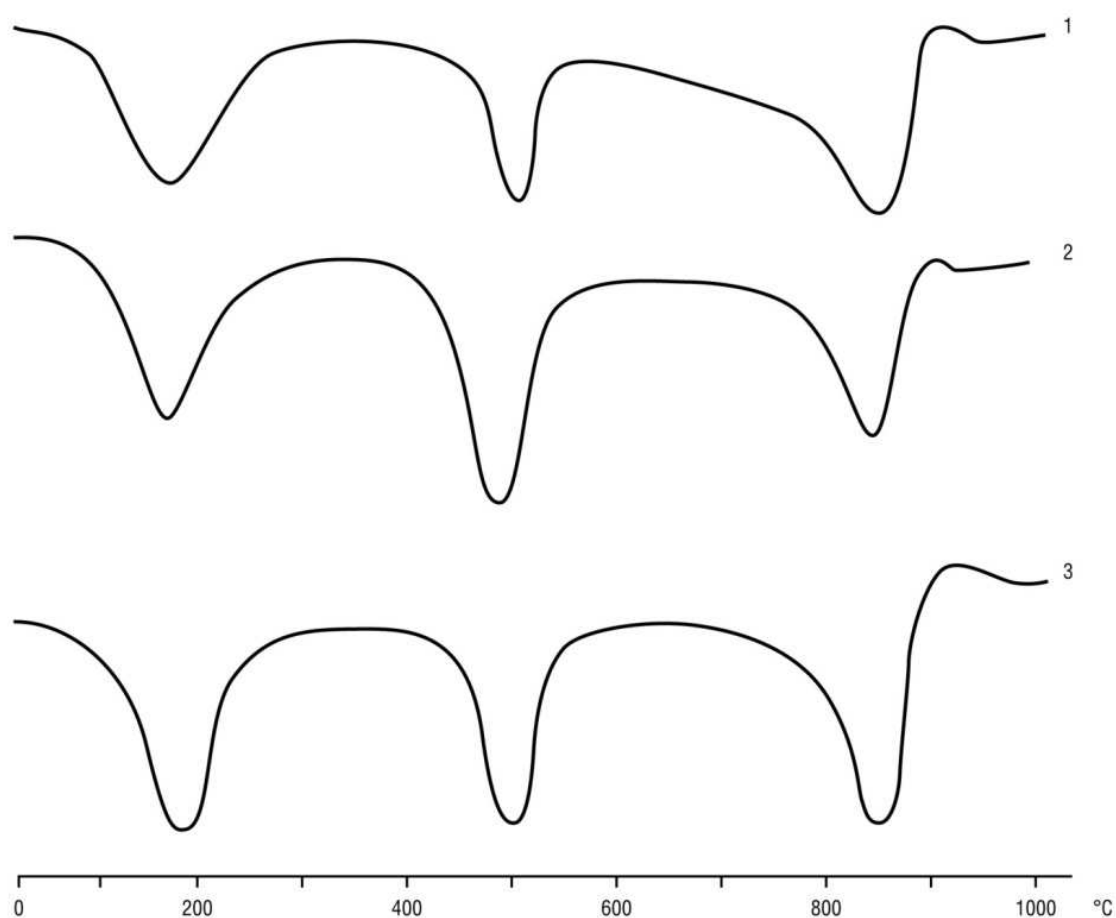


Рис. 2. Кривые ДТА вяжущей части бетонных образцов, твердевших на солнце:
1 - 10 суток; 2 - 30 суток; 3 - 180 суток

Данные ДТА показывают, что с увеличением времени твердения под воздействием климата, значительно усиливаются эффекты дегидратации и декарбонизации, что подтверждается результатами рентгенографического анализа.

Результаты ДТА вяжущей части бетона вполне соответствуют результатам рентгеноанализа и указывают на присутствие в пробах гипса, этtringита, гидросиликатов кальция, углекислого кальция и большого количества гидрата окиси кальция. С увеличением времени нормального твердения интенсивность эндотермического эффекта дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ увеличивается.

Кривые ДТА вяжущей части бетона после 6 месяцев твердения под воздействием климата по интенсивности идентичны кривым ДТА бетона, твердевшего в течении одного месяца в тех же условиях, что согласуется с результатами рентгенографических анализов.

Для выяснения влияния условий твердения (таблица) на скорость и глубину процесса гидратации портландцемента в бетоне проведен химический анализ на определение содержания гидрата окиси кальция (в виде $\text{CaO}_{\text{своб.}}$), связанной и свободной воды.

Таблица

**Содержание свободной извести, связанной и свободной воды
в вяжущей части бетонных образцов в разных условиях твердения
(в % от пробы вяжущей части бетона)**

Условия и сроки твердения	Содержание свободной извести, %	Содержание воды, %	
		свободной	связанной
Твердение под воздействием климата в течении: 10 дней	5,00	3,01	4,09
30 дней	5,66	1,59	5,02
180 дней	5,77	1,81	4,85
Твердение в камере нормального хранения в течении: 10 дней	5,88	3,71	5,06
30 дней	8,80	3,28	6,56
180 дней	8,43	2,78	7,44

Полученные данные полностью подтверждают результаты рентгено- и дифференциально-термического анализов. Так, в пробе вяжущей части бетона, твердевшего под воздействием климата, с увеличением времени твердения от 10 до 180 суток, содержание свободной извести увеличивается с 5,00 до 5,77%, связанной воды с 4,09 до 4,85%, а содержание свободной воды уменьшается с 3,01 до 1,81%.

Более глубокая гидратация наблюдается в бетоне, твердевшем в нормальных условиях (рис.3). Так, содержание свободной извести и связанной воды в нем значительно больше, чем в пробе бетона, твердевшего на солнце (8,43 и 7,44 против 5,77 и 4,85%).

ВЫВОД: Данные исследования подтверждают, что скорость и глубина гидратации бетона находятся в исключительной зависимости от условий твердения. Бетоны нормального хранения твердеют лучше, чем под воздействием климата и в них идет более глубокая гидратация, что подтверждается появлением больших количеств гидратных новообразований. Процесс гидратации цемента под воздействием климата в возрасте примерно одного месяца приостанавливается, и не исключается снижение количества уже связанной воды при дальнейшем воздействии климатической среды. Количество новообразований меньше.

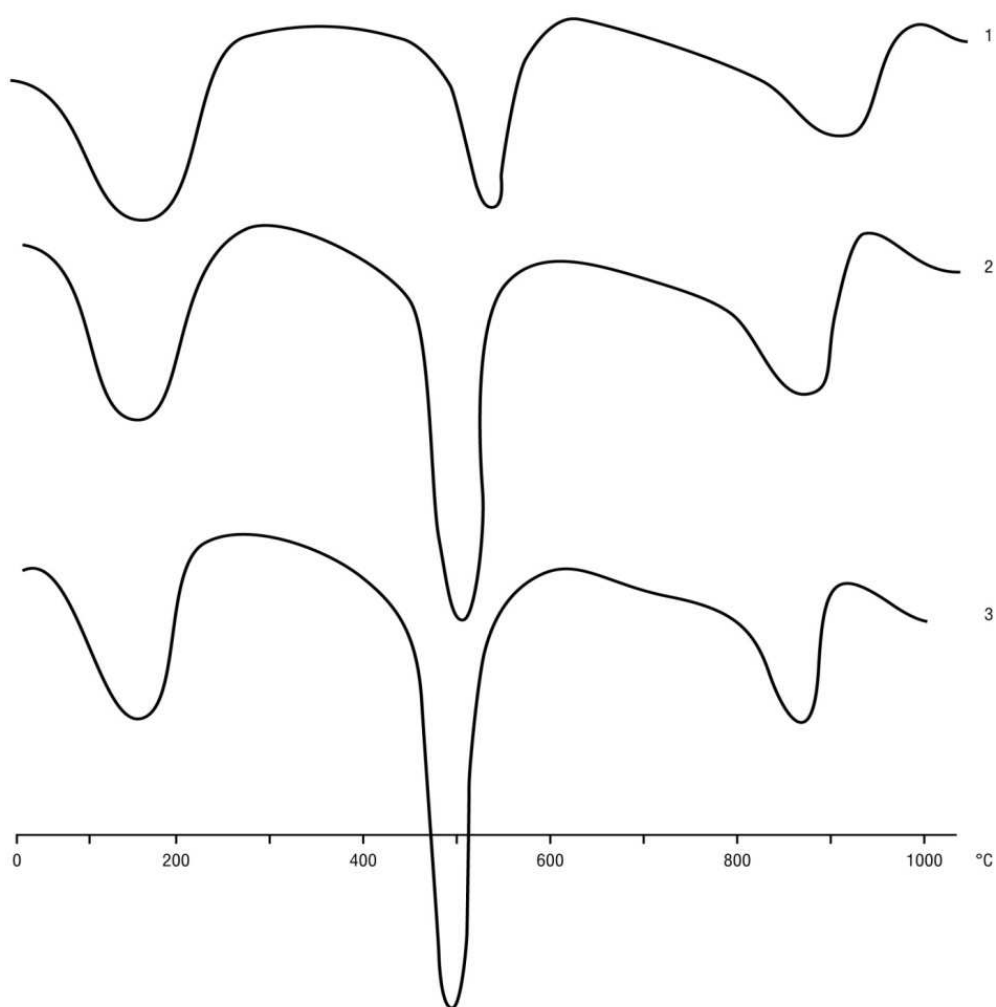


Рис. 3. Кривые ДТА вяжущей части бетонных образцов, твердевших в камере нормального твердения: 1 - 10 суток; 2 - 30 суток; 3 - 180 суток

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Кочетков А.В., Кокодеева Н.Е., Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Шашков И.Г. Состояние современного методического обеспечения расчета и конструирования дорожных одежд // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 65-74.
3. 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.
4. Янковский Л.В. К вопросу оценки и прогноза состояния цементных бетонов, эксплуатирующихся в условиях воздействия климата Урала и Сибири // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. — 2012. — №2. — С. 86–95.
5. Челпанов И.Б., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В., Юшков Б.С. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. С. 57-68.