

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ-МОДИФИКАТОРА ЦЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА

Коваль С. В. Савченко С. В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Бабаевская Т. В. (ООО «Будіндустрія ЛТД», г. Запорожье)

С использованием экспериментально-статистических моделей исследовано влияние комплексной добавки Релаксол, введенной при помоле цемента, на прочность бетона, твердеющего в условиях тепловлажностной обработки.

В последние годы цементной промышленности предложен ряд новых добавок для интенсификации помола и ускорения твердения цемента. К числу эффективных модификаторов цемента относится добавка Релаксол, вводимая в оптимальной концентрации на стадии помола вяжущего [1]. Механохимическая активация цементов в присутствии Релаксола позволяет в 1,5...3 раза ускорить набор прочности в возрасте 1...7 сут, что имеет существенное значение для технологии изготовления монолитных конструкций [2].

В то же время тепловлажностная обработка остается наиболее распространенным способом ускоренного твердения бетона в заводской технологии. Основой упрочнения бетона при ТВО являются процессы формирования структуры, обусловленные ускоренным твердением цемента. Роль температуры ТВО в основном сводится к ускорению химических реакций без качественного изменения состава новообразований, хотя фазовый состав может отличаться преобладанием тех или иных модификаций в соответствующих температурных диапазонах [3].

Введение добавок с комплексным действием способно существенно повлиять на кинетику и полноту физико-химических процессов, что необходимо учитывать при назначении режимов тепловых воздействий. Однако недостаточная изученность механохимических процессов при помоле цемента с химическими и минеральными добавками, использова-

ние на практике различных режимов тепловлажностной обработки существенно осложняет прогнозирование свойств бетона исходя только лишь из теоретических представлений, и требует экспериментального обоснования принимаемых рецептурно-технологических решений.

В проведенных исследованиях по плану эксперимента варьировались количество добавки ($D = X_1 = 0,3 \pm 0,3\%$) введенной при помоле клинкера Одесского завода, содержание обычного и модифицированного цемента типа ПЦ 11/Б-Ш ($C = X_2 = 450 \pm 100 \text{ кг/м}^3$), осадка конуса смеси ($OK = X_3 = 9 \pm 3 \text{ см}$ стандартного конуса). Фактором, характеризующим ТВО, являлась переменная температура изотермической выдержки бетона, изготовленного на модифицированном цементе ($T = X_4 = 60 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$). Образцы-кубы с ребром 10 см направлялись в три одинаковые лабораторные пропарочные камеры, где твердели при соответствующей температуре по режиму 3 + 6 + 3 час.

С целью анализа влияния добавки в условиях тепловлажностной обработки рассмотрена модель прочности бетона после ТВО, описывающая влияние всех четырех факторов:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{ТВО}} = & 17,5 + 0,6x_1 - 1,8 \sqrt{x_1^2} - 0,7x_1 x_3 \\
 & + 5,9x_2 - 4,2 \sqrt{x_2^2} - 0,5x_2 x_3 + 2,5x_2 x_4 \\
 & - 3,2x_3 + 3,9 \sqrt{x_3^2} \\
 & + 7,3x_4
 \end{aligned} \tag{1}$$

характеризуемая экстремумами $R_{\text{max}} = 36,6 \text{ МПа}$ в точке с координатами $x_1 = 0,146$ ($D = 0,43\%$), $x_2 = +1$ ($C = 550 \text{ кг/м}^3$), $x_3 = -1$ ($OK = 3 \text{ см}$), $x_4 = +1$ ($T = 80^\circ\text{C}$) и $R_{\text{min}} = 0,5 \text{ МПа}$ в точке $x_1 = -1$ ($D = 0\%$), $x_2 = -1$ ($C = 350 \text{ кг/м}^3$), $x_3 = 0,409$ ($OK = 13 \text{ см}$) и $x_4 = -1$ ($T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$).

Анализ коэффициентов и графического образа модели показывает, что наибольшее влияние на прочность бетона оказывает повышение температуры ТВО и содержание цемента в бетоне. Заметно также положительное влияние оптимальных концентраций добавки в условиях тепловой обработки, несмотря на необходимость ограничения ее содержания при помоле цемента ($D_{\text{max}} = 0,4\%$). В исследуемом факторном пространстве при $OK = \text{const}$ влияние температуры изотермической выдержки и количества модифицированного цемента, повышение в его составе концентрации добавки до 0,4% приводит к перепаду прочности бетона максимум в 10 раз.

Максимальным приростом прочности характеризуются бетоны на цементе с добавкой в количестве 0,3...0,4%, твердеющие при «средних»

температурах ТВО (рис. 1), когда создаются благоприятные условия для формирования мелкокристаллической структуры цементного камня; это создает предпосылки для получения менее дефектного материала [3]. Уменьшение ΔR при высоких значениях T , по нашему мнению, связано, с одной стороны, с быстрой перекристаллизацией новообразований и ростом крупных кристаллов, а с другой – углублением деструктивных процессов по мере повышения температуры изотермической выдержки. Уменьшение прироста ΔR с повышением количества комплексной добавки сверх оптимального связано с ростом количества лигно-сульфоната в ее составе, что приводит к образованию толстых адсорбционных слоев и замедлению проникновения воды вглубь цементного зерна.

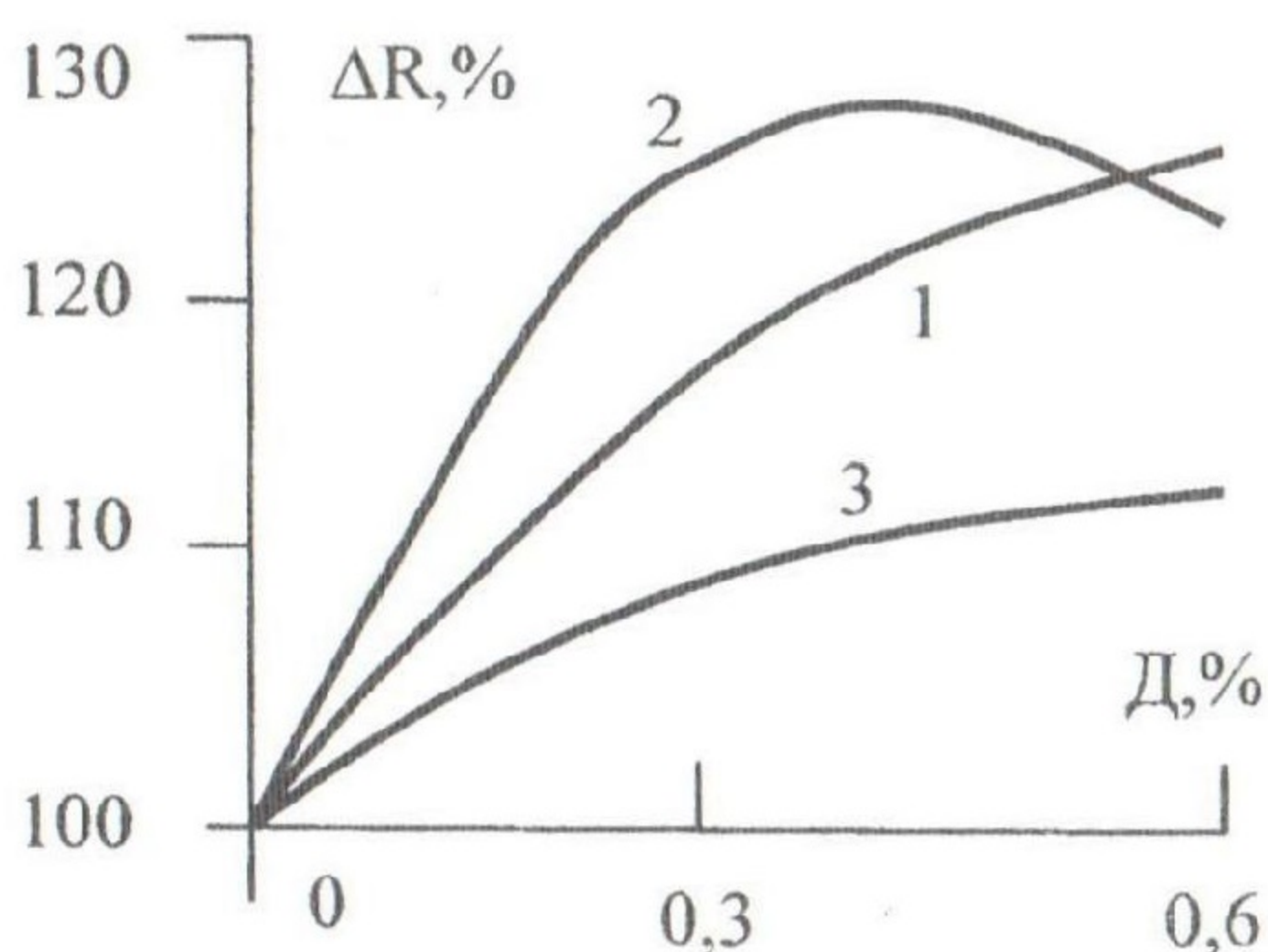


Рис. 1. Изменение прироста прочности бетона ($\rho = 450$ кг/м³, ОК = 9 см) в зависимости от дозировки добавки в цементе и температуры ТВО: 1- $T = 40^\circ\text{C}$; 2- 60°C ; 3- 80°C

Анализ показал, что для получения равнопрочных с эталоном бетонов (например, $R_{\text{ТВО}} = 21$ МПа = 0,7 М300) с одинаковым содержанием цемента и ОК смеси, введение комплексной добавки оптимального количества в вяжущее на стадии помола клинкера приводит к снижению температуры изотермической выдержки на не менее чем на 15° . Можно рекомендовать выпуск цементов с введением при помоле комплексной добавки Релаксол в концентрации 0,3...0,4%. Использование модифицированного цемента позволяет снизить энергозатраты на производство железобетонных изделий и конструкций, в частности, за счет снижения температуры изотермической выдержки.

Литература

1. Система химических добавок в бетоны и растворы «Релаксол» /Синайко Н. П., Лихопуд А. П., Ушеров-Маршак А. В. Саницкий М. А. и др. // Будівництво

України, №5, 2000, С. 30 - 34.

2. Бабаевская Т. В. Моделирование влияния состава комплексной добавки на показатели качества цементов. / Мат-лы межд. сем. «Прогнозирование в материаловедении» (МОК-41). Одесса. «Астро-принт» 2002, С. 58 – 59.

3. Бутт Ю. М., Рашкович Л. Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. – М.: Стройиздат, 1961, – 231 с.