

УДК 691.32

## ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА С ДОБАВКОЙ «УКД-1» С НАЧАЛЬНЫМ РАЗОГРЕВОМ И КРАТКОВРЕМЕННЫМ ПРОГРЕВОМ

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Учитывая часто возникающую производственную необходимость использования неутепленных типов опалубок при работе в зимний период, исследовали кинетику роста прочности бетона при режимах кратковременного электродного прогрева, включавшего подъем температуры до 30...50 °С (соответственно, для бетона на цементе I, II и III групп эффективности при пропаривании) и поддержание ее на заданном уровне в течение 1...4 ч. Дальнейшее твердение бетона – медленное остывание в форме-опалубке (доска толщиной 25 мм) при температуре  $t_{не} = -10$  °С.

Во всех сопоставимых случаях (табл. 1) подвод тепла к бетону осуществляли через равные отрезки времени: 4,5 и 5,5 ч. При этом если время разогрева бетона увеличивалось (с ростом температуры разогрева), то сокращали продолжительность изотермии. Таким образом, обеспечивали равный период времени последующего «термосного» твердения бетона: 12; 18 и 24 ч для получения большей сопоставимости результатов экспериментов. В исследованиях использовали бетон класса  $C^{12}/_{15}$ ; подвижность смеси ОК ~ 12...14 см; составы с добавкой 1 % «УКД-1».

Табл. 1. Кинетика роста прочности бетона с кратковременным прогревом (твердение в деревянных формах-опалубках при  $t_{не} = -10$  °С)

Температура прогрева бетона	Режим подвода тепла, ч: нагрев + изотермич. прогрев	Группа эффективн. цемента при пропаривании (M400)	Вид добавки	Прочность бетона в % от $f_{cm,28}$ после твердения в течение, ч, от начала изотермического прогрева		
				12	18	24
30	1,5 + 3	I	«УКД-1»	65	76	78
	1,5 + 4	I	«УКД-1»	71	80	86
40	2,5 + 2	II	«УКД-1»	63	72	75
	2,5 + 3	II	«УКД-1»	69	78	84
50	3,5 + 1	III	«УКД-1»	61	71	77
	3,5 + 2	III	«УКД-1»	70	77	84
50	3,5 + 1	I	«УКД-1»	80	89	93

Из полученных данных следует, что, используя добавку «УКД-1» в сочетании с кратковременным прогревом бетона при подаче тепла в течение 4,5...5,5 ч, даже в неутепленной деревянной опалубке возможна реализация малоэнергоемкой технологии. Отметим, что с меньшей эффективностью, чем в теплоизолированных типах опалубок, из-за необходимости изотермического прогрева в течение 1...4 ч. При этом за период твердения



в 16,5...17,5 и 22,5...24,0 ч (включая подъем температуры, прогрев бетона и «термостатическую» выдержку 12 и 18 ч) образцы бетона с добавками  $M_n = 40 \text{ м}^{-1}$  достигают прочности соответственно до 70 и до 80 % от проектной. Увеличение времени твердения до 28...30 ч позволяет при данных условиях обеспечить прочность бетона до 85 %.

Подтверждена зависимость прочности бетона с добавкой от группы эффективности используемого цемента и температуры разогрева (прогрева) бетона. Принятый по полученным данным уровень температуры прогрева 30, 40 и 50 °С для цемента I, II и III групп эффективности обеспечивает примерное равенство прочности бетона за равные периоды твердения при прочих равных условиях.

Из вышеизложенного следует, что наименьшие энергетические затраты на стадии твердения бетона с прогревом обеспечивает применение цемента I группы эффективности, характеризующегося наибольшим тепловыделением (экзотермией). Кроме того, при использовании неутепленной опалубки и ускоренной потере, в связи с этим, тепла твердеющего бетона рационально увеличение температуры разогрева до 50 °С, что в совокупности с активным (I группы) вяжущим обеспечивает за 16...24 ч твердения уровень прочности в 80...90 % от проектной.

Следует отметить, что наиболее интенсивно прочность разогретого бетона, твердеющего в неутепленной опалубке, нарастает в первые 12...18 ч, а затем темп ее роста снижается. Это непосредственно связано с теплотерями в окружающую среду. В результате выделяющаяся теплота экзотермии цемента не накапливается, а расходуется на поддержание температуры твердеющего бетона. При неутепленной опалубке через 16...18 ч твердения потери тепла начинают превалировать (как в рассматриваемом случае), а температура твердеющего бетона существенно снижается, что отражается потерей темпа роста его прочности.

В табл. 2 приведены рекомендуемые режимы твердения бетона с добавкой «УКД-1» в теплоизолированной опалубке ( $K_m = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ ) для модулей теплоотдающей поверхности до  $M_n \leq 40 \text{ м}^{-1}$  при скорости подъема температуры до 10 °С/ч.

Табл. 2. Режимы твердения бетона с добавкой «УКД-1» по «малознергоемкой» технологии (для цемента II группы эффективности при пропаривании)

Температура разогрева бетона, °С	Вид добавки	Время подъема температуры, ч, при $V_n = 10 \text{ °С}/\text{ч}$	Время термостатической выдержки в опалубке в зависимости от $t_{\text{нв}}$ , °С, при обеспечении прочности в % от проектной (100 %)											
			$t_{\text{нв}} = -5 \text{ °С}$				$t_{\text{нв}} = -10 \text{ °С}$				$t_{\text{нв}} = -20 \text{ °С}$			
			50	60	70	80	50	60	70	80	50	60	70	80
30	«УКД-1»	$\leq 2,5$	16	24	32	42	18	26	38	*	24	36	*	*
40	«УКД-1»	$\leq 3,5$	10	16	20	30	12	16	22	30	12	20	28	40
50	«УКД-1»	$\leq 4,5$	8	10	12	18	10	11	12	24	10	12	20	28

*Примечание* – \* – не рекомендуется