

УДК 691.32

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА С ДОБАВКОЙ «УКД-1»

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рост прочности бетона в нормально-влажностных условиях.

При исследовании кинетики твердения бетона первоначально определили дозировку комплексной химической добавки «УКД-1», обладающей ускоряюще-пластифицирующим действием, по методике ГОСТ 30459–96 на следующем составе бетона: цемента – 350 кг; щебня – 100 кг; песка – 750 кг; воды – 175 кг (ОК ~ (3...4) см), при твердении образцов-кубов с ребром 100 мм в нормально-влажностных условиях ($W \geq 90 \%$; $t \sim 20^\circ\text{C}$). Для сравнения оценивали рост прочности бетона без добавок, с добавкой, ускоряющей твердение бетона, – сульфатом натрия (Na_2SO_4) и с комплексной добавкой «УКД-1», содержащей углеродный наноматериал. С целью изучения непосредственного влияния вещества добавки «УКД-1» на кинетику твердения бетона водоцементное отношение при использовании комплексной добавки было снижено до уровня, обеспечивающего равную подвижность бетонных смесей.

Разработку энергосберегающих режимов твердения бетона проводили для температурного диапазона окружающей среды $5...30^\circ\text{C}$. В ходе экспериментов образцы-кубы бетона твердели в опалубках различных типов (табл. 1), с различными коэффициентами теплопередачи (K_t от 0,6 до $3,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$).

Табл. 1. Характеристики опалубок

Материал форм-опалубок	Коэффициент теплопередачи стенок опалубок, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
1 Доска (25 мм)	2,44
2 Сталь (10 мм)	3,50
3 Металл (10 мм) + минераловатная плита (60 мм)	~ 1,00
4 Фанера (12 мм)	~ 2,98
5 Фанера (12 мм) + минераловатная плита (60 мм)	~ 0,60

При проведении экспериментов использовали бетонные смеси составов, приведенных в табл. 2. Известно, что добавка сульфата натрия может обеспечить реализацию весьма эффективных по затратам энергии технологий изготовления сборных изделий [1], поэтому сопоставление результатов

экспериментов (при прочих равных условиях) позволит выявить уровень эффективности комплексной добавки «УКД-1».

Табл. 2. Составы бетона для исследований

Номер позиции	Класс бетона ОК, см	Марка цемента	Наличие добавки	Расход составляющих, кг, на 1 м ³ бетона				В/Ц
				Ц	П	Щ	В	
1	C ^{12/15} 12...14	М400	—	380	685	1100	201	0,53
2			1 % Na ₂ SO ₄	360	720	1100	182	0,50
3			1 % «УКД-1»	340	715	1150	163	0,48

На рис. 1 отражены результаты экспериментов в виде зависимости роста прочности бетона на сжатие с различным содержанием добавки «УКД-1» и с 1 % Na₂SO₄ от массы цемента – это средние значения относительной прочности (выраженной в процентах от проектной прочности бетона без добавок) в серии из не менее трех образцов, коэффициент вариации не превышал 7...8 %.

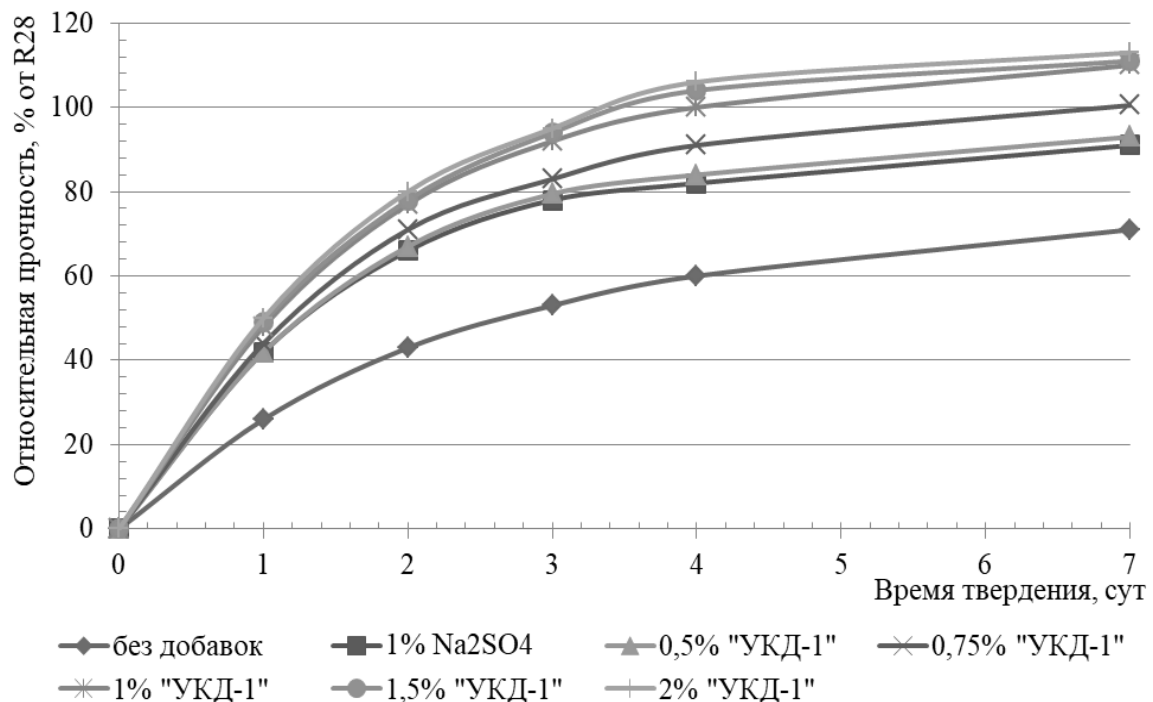


Рис. 1. Рост прочности бетона при твердении в нормально-влажностных условиях

По результатам экспериментов можно сделать следующие выводы: прочность бетона с комплексной добавкой «УКД-1» (за счет совместного эффекта от снижения водоцементного отношения и действия компонентов сульфата натрия и углеродного наноматериала [2]) в возрасте 7 сут соста-

вила от 100 % (при 0,75 % «УКД-1») до 113 % (при 2,0 % «УКД-1») от проектной прочности образцов бетона из равноподвижных смесей без добавок.

Рост прочности бетона в условиях «термоса».

Цель настоящих исследований – установить зависимость роста прочности бетона на сжатие с комплексной пластифицирующе-ускоряющей добавкой «УКД-1» от его саморазогрева за счет накопления энергии, выделяющейся при экзотермии цемента. Известно, что минералы портландцементного клинкера в процессе реакции гидролиза-гидратации выделяют значительное количество теплоты. Ее накопление за счет гидро- и теплоизоляции твердеющего бетона способствует росту его температуры и, как следствие, ускорению реакций цемента с водой затворения, что приводит к нарастанию тепловыделения бетона в первые-третьи сутки твердения. Этот эффект увеличивается при введении добавок, ускоряющих твердение бетона. Следовательно, основой эффективной беспрогревной технологии монолитного бетона является использование экзотермии цемента при условии твердения бетона по методу «термоса».

В процессе исследований установили кинетику прочности бетона с содержанием 1 % от массы цемента комплексной добавки «УКД-1», также зафиксировали изменение температуры бетона в процессе твердения в условиях гидро- и теплоизоляции (формы были установлены в ящик из пенополистерола на период твердения, их поверхность была герметизирована пленкой). В центр одного из образцов устанавливали датчик-термопару для контроля за изменениями температуры. Начальная температура бетона была принята ~6, ~13 и ~20 °С. Для сравнения были использованы составы бетона класса С12/15 (ОК ~ 12...14 см) № 1 (без добавки) и № 3 (с содержанием 1 % «УКД-1»). Проводя периодический контроль изменения температуры и определяя прочность бетона, получили результаты, приведенные в табл. 3.

Увеличение скорости гидратации цемента 1-й и 2-й групп эффективности с добавкой «УКД-1» повышает его тепловыделение, а накопление тепла обеспечивает саморазогрев (увеличение начальной температуры бетонной смеси) и, как следствие, увеличение прочности бетона до 65 % (от проектной прочности бетона без добавок) к третьим суткам твердения при начальной температуре бетонной смеси ~6 °С и до 98 % (фактически проектной прочности) к третьим суткам твердения при начальной температуре смеси ~20 °С.

Применение вяжущего 3-й группы эффективности сопровождается низким тепловыделением и, соответственно, незначительным разогревом бетона и темпом роста его прочности, следовательно, использование цементов 3-й группы эффективности противоречит цели разработки и не целесообразно для беспрогревной технологии.

Табл. 3. Изменение температуры и рост прочности бетона при твердении в условиях «термоса»

Номер состава бетонной смеси	Группа эффективности цемента М400	Температура бетона, °С, к исходу суток				Относит. прочность бетона (в % от проект- ной) через сутки		
		Нач.*	1	2	3	1	2	3
Состав без добавок								
1	1-я	20	25	30	33	37	58	64
1	2-я	20	23	28	30	35	55	62
1	3-я	20	23	25	28	29	51	56
Состав с добавкой «УКД-1»								
3	1-я	6	9	17	24	32	50	65
3	1-я	13	18	28	33	41	58	74
3	1-я	20	28	37	42	54	79	96
3	2-я	6	8	14	21	27	46	63
3	2-я	13	15	25	29	36	51	70
3	2-я	20	25	33	38	51	74	89
3	3-я	6	8	12	16	21	44	53
3	3-я	13	15	22	24	32	52	62
3	3-я	20	21	28	31	35	56	72
Примечание – * – начальная температура свежесформованного бетона								

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Батяновский, Э. И.** Технологические особенности производства ЖБК с применением ускорителей твердения бетона / Э. И. Батяновский, Р. Ф. Осос // Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительство зданий и сооружений: сб. ст. – Брест: БПИ, 1998. – Вып. 1. – С. 22–25.

2. **Батяновский, Э. И.** Влияние углеродных наноматериалов на свойства цемента / Э. И. Батяновский, П. В. Рябчиков, В. Д. Якимович // Материалы XVI Междунар. научно-методического семинара. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. 2. – С. 136.