

Исследование возможности интенсификации процесса твердения монолитного бетона

Корбут Е.Е., Шейда О.Ю., Корбут Д.С.
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь
Потапов А.А.

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Волгоград, РФ

Аннотация

В настоящей статье представлено исследование возможности интенсификации процесса твердения монолитного бетона и показано, что введение этой добавки способствует ускорению набора прочности бетона, что позволяет производить распалубку и нагружение конструкций в более ранние сроки, что свидетельствует о технической и экономической эффективности использования добавок в бетонах и растворах.

Ключевые слова: исследование, интенсификация твердения, монолитный бетон, прочность, экономическая эффективность.

На сегодняшний день в Республике Беларусь набирает обороты монолитное строительство. Новые конструктивные системы зданий могут быть эффективными в строительстве только в том случае, если будет обеспечена интенсивная и малоэнергоёмкая технология возведения монолитных железобетонных конструкций. В практике строительства с применением монолитного цементного бетона широко используются химические добавки различных видов, с помощью которых модифицируют реологические свойства бетонной смеси или темп твердения и физико-технические характеристики затвердевшего бетона.

Известные ускорители (хлорид кальция, нитрит натрия) дефицитны, дорогостоящие и не производятся в РБ, поэтому перед нами стоит задача найти соответствующий белорусский аналог.

Для исследований в качестве химических добавок для бетона использованы:

1. Сульфат натрия кристаллизационный (Na_2SO_4 или СН) Могилевского химического комбината (ГОСТ 21458-75).
2. Суперпластификатор С-3 (ТУ 6014-625-80) в виде жидкости 35 % концентрации, изготовитель – СП «Суперпластик – РТ» г. Мозыря.
3. Комплексная добавка «С-3+ Na_2SO_4 ».

Сульфат натрия кристаллизационный – побочный продукт производства вискозных нитей, образуется при взаимодействии серной кислоты с едким натром в отработанном растворе осадительной ванны.

Технологический процесс получения сульфата натрия:

1. Выкристаллизация сульфата натрия в результате трехступенчатого охлаждения отработанного раствора осадительной ванны.
2. Отделение сульфата натрия от жидкой фазы.
3. Высушивание, охлаждение, упаковка и маркировка.

По физико-химическим показателям сульфат натрия соответствует требованиям, приведенным в таблице 1.

Сульфат натрия имеет ярко выраженную зависимость растворимости в воде от температуры. Повышение ее до 30-40 °С обеспечивает растворение "СН" до 40-50 %-ой концентрации. Однако при последующем снижении температуры раствор становится перенасыщенным по отношению к "СН" и добавка выпадает в осадок с образованием плотной и прочной льдообразной фазы.

Физико-химические показатели сульфата натрия

Наименование показателя	Норма		
	Высший сорт ОКП 21 4111 0620	Первый сорт ОКП 21 4111 0630	Второй сорт ОКП 21 4111 0640
Внешний вид	Белый кристаллический порошок		
Массовая доля сульфата натрия, %, не менее	99,6	98,5	97,4
Общая щелочность в перерасчете на N_2CO_3 , %, не более	0,15	0,6	0,6
Потери массы при прокаливании, %, не более	0,2	0,3	0,3
Массовая доля нерастворимого остатка, %, не более			
	в кислоте	0,02	0,10
в воде	0,15	1,0	1,0
Массовая доля кальция и магния в перерасчете на $CaSO_4$, %, не более	0,01	0,05	0,05
Массовая доля железа (Fe^{3+}), %, не более	0,003	0,008	0,010
Массовая доля цинка (Zn^{2+}), %, не более	0,04	0,3	0,7
Массовая доля хлоридов (Cl^-), %, не более	0,01	0,06	0,06
Массовая доля воды, %, не более	0,04	0,05	0,05

В бетонную смесь добавку "СН" вводят в виде раствора. В отдельных случаях допускается вводить добавку в сухом порошкообразном состоянии.

Рекомендуемая дозировка добавки "СН" в бетон соответствует 0,75 - 1,0 % от массы цемента. При этом большее значение относится к зимним условиям ведения работ, а также (при начальной температуре бетонной смеси ниже $10^{\circ}C$). В летний период и при использовании прогрета бетона оптимальная дозировка добавки составляет 0,5-1,0 % от массы цемента.

Приведенные результаты опираются на испытания, проведенные в период с 10.2010 г. по 03.2011 г., бетонных кубиков размером 150x150x150 мм. Для исследований были предложены 3 различных состава бетонной смеси. За эталонный был принят следующий состав без химических добавок: 1:1,5:2,5. Два других состава получаются в результате добавления к эталонному различных химических добавок: второй состав – 1% Na_2SO_4 , третий состав – 0,5% Na_2SO_4 + 0,5% С-3.

Таким образом, на результирующую экспериментальную прочность влияет лишь качественный состав добавки и ее количество. Водоцементное отношение в трех составах принималось различным, это связано с влиянием добавок, которые обладают пластифицирующим свойством, что позволяет уменьшить количество воды. Приняли

следующие отношения: 1 состав – В/Ц = 0,45; 2 состав – В/Ц = 0,43; 3 состав – В/Ц = 0,4. Составы бетона приведены в таблице 2.

Таблица 2

Составы бетона для исследований

№ п/п	Класс бетона	Подвижность бетонной смеси (ОК), см	Марка цемента	Расход составляющих (кг) на 1 м ³ бетона				Водоцементное отношение
А. Состав без добавок								
	C ¹⁵ / ₂₀	12 ... 14	M500	467	684	1182	210	0,45
Б. Состав с добавкой 1% Na ₂ SO ₄								
	C ¹⁵ / ₂₀	12 ... 14	M500	467	684	1182	200	0,43
В. Состав с комплексной добавкой 0,5% Na ₂ SO ₄ + 0,5% C-3								
	C ¹⁵ / ₂₀	12 ... 14	M500	467	684	1182	187	0,4

Данные экспериментальных исследований увеличения скорости твердения бетона по росту его прочности на сжатие, выраженной в процентах от проектной (в возрасте 28 суток), представлены в таблице 3 на рисунках 1 и 2.

Таблица 3
Рост прочности бетона

Состав по табл. 2 Класс	Наличие и вид добавки	Прочность бетона в МПа в возрасте, сут					Прочность бетона в % от R ₂₈ в возрасте, сут				
		1	2	3	4	7	1	2	3	4	7
Твердение в металлических формах											
1	-	2,64	4,39	6,50	8,79	9,84	15	25	37	50	56
2	Na ₂ SO ₄	5,27	7,91	10,02	11,78	12,83	30	45	57	67	73
3	Na ₂ SO ₄ +C-3	4,92	7,56	10,37	12,30	13,36	28	43	59	70	76

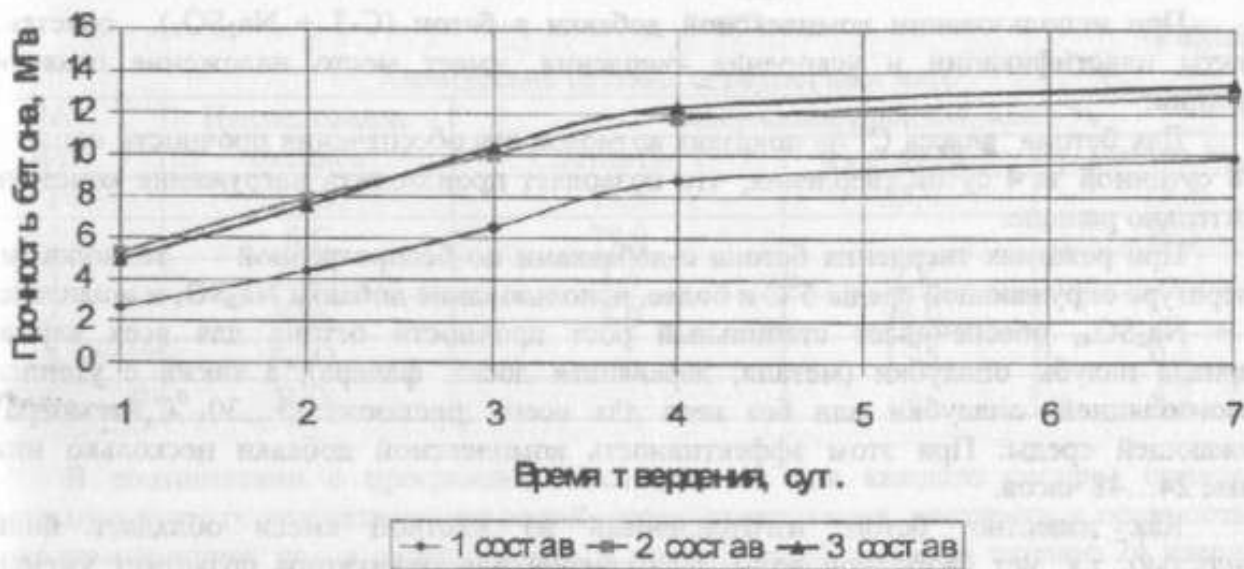


Рис. 1. График роста прочности бетона в течении 7 суток

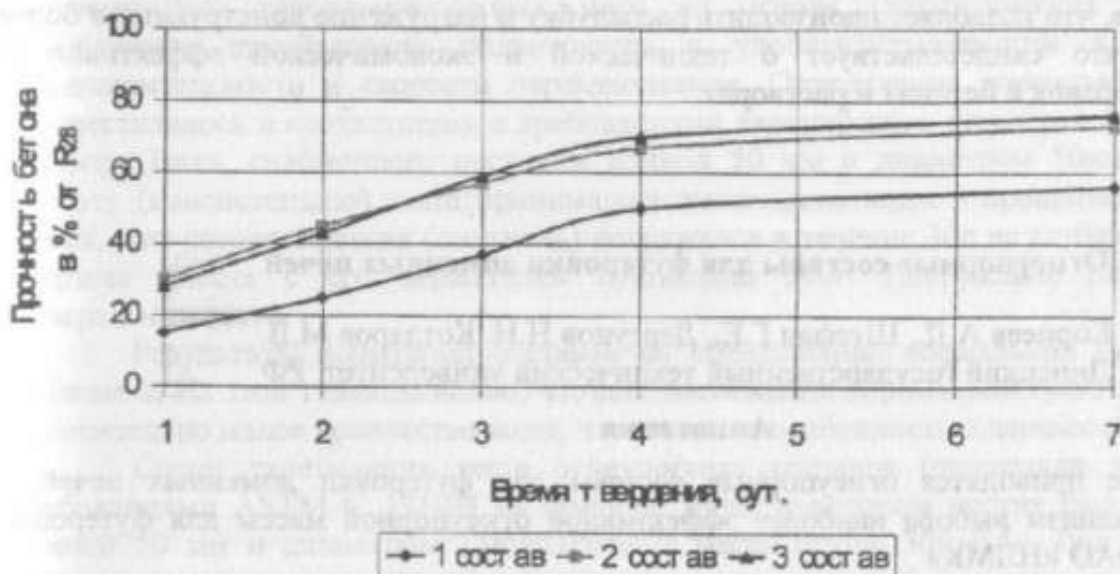


Рис. 3. Кинетика роста прочности бетона

Применение добавки-ускорителя твердения (Na_2SO_4) активизирует процесс схватывания цементного геля. В ее присутствии активизируются процессы взаимодействия клинкерных минералов цемента с водой, проявляется эффект интенсивной дезагрегации (пептизации) цементных флокулов, перераспределения жидкости сольватных оболочек за счет потенциала поверхности твердой фазы в сторону уменьшения их толщины, возрастает скорость протекания реакций с образованием новых фаз в виде микрогидрокристаллов аллюмо-ферритной группы. В результате создаются условия для ускоренного схватывания.

В случае применения пластифицирующей добавки (С-3) в бетон (особенно без корректировки воды затворения) наблюдается обратная тенденция увеличения сроков схватывания цементного геля за счет «блокировки» активных участков поверхности цементных частиц молекулами «ПАВ», содержащихся в этих добавках. Результатом их адсорбции является эффект замедления гидратации цемента, сопровождающийся снижением темпа развития означенных ранее процессов.