

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ****МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА
(г. Минск, БНТУ — 29.05.2012)**

УДК 666.972; 693.54

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА***ШЕЙДА О. Ю.*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Портландцемент и его разновидности — основной материал в современном строительстве. Из него возводят бетонные и железобетонные конструкции самых разнообразных зданий и сооружений.

На сегодняшний день в Беларуси набирает обороты монолитное строительство. Это — одна из наиболее перспективных технологий возведения жилых и общественных зданий. Новые конструктивные системы зданий могут быть эффективными в строительстве только в том случае, если будет обеспечена интенсивная технология возведения монолитных железобетонных конструкций.

В условиях Беларуси мы встречаемся с рядом сложностей, замедляющих процесс повсеместного внедрения монолитного строительства. Одной из них является традиционный подход к вопросу выдерживания бетона до получения им распалубочной прочности — это выдерживание бетона в опалубке около 14 суток в летних условиях. Естественно, это снижает оборачиваемость опалубочных систем.

Поэтому необходимо перевести производство на интенсивный путь развития, уделять внимание повышению эффективности про-

и шодства, качества продукции и производительности труда. Особую важность приобретает использование химических добавок, т.е. введение в бетонную смесь реагентов, направленно действующих на ее свойства, кинетику твердения и существенно влияющих на все характеристики затвердевшего бетона.

В связи с тем, что темп твердения бетона обуславливается физико-химическими процессами взаимодействия минералов портландцементного клинкера с водой, исследовался вопрос ускорения твердения бетона путем введения различных химических добавок.

В настоящее время существует значительное количество различных добавок, ускоряющих процессы твердения цемента в начальном периоде, в том числе много заграничных ускорителей.

Одним из важных направлений применения добавок электролитов является интенсификация твердения бетона при отрицательных температурах. Сильное увеличение ранней прочности бетона при обычной и низкой температурах облегчает уход за бетонной смесью и снижает период до набора бетоном критической прочности.

Добавки ускорители твердения активно влияют на развитие (ускорение) процесса гидролиза клинкерных минералов, способствуют дезагрегации цементных флоккул, интенсифицируют процесс образования новых фаз [1, 8, 13].

Механизм действия ускорителя твердения - сульфата натрия, заключается в том, что, реагируя с гидратом окиси кальция, выделяющимся из цемента, он образует гипс по формуле:



Образующийся мелкодисперсный гипс реагирует с цементным клинкером и способствует более быстрой выкристаллизации новообразований из цементного геля. Наиболее эффективно как ускоритель, сернокислый натрий проявляет себя на шлакопортландцементных и пуццолановых портландцементных. При тепловлажностной обработке его эффективность увеличивается [9].

Следует отметить, что добавка сульфата натрия разрешена к применению в железобетоне с обычной и напрягаемой арматурой, включая сталь группы «В» и арматуру диаметром менее 5 мм [7, 17] т.е. в случаях, когда запрещены к применению добавки на основе хлоридов и, частично, нитратов. Кроме этого, в соответствии с положениями нормативов [10] она разрешена к применению в железобетоне в дозировке до 1 % от массы цемента при наличии вышесказанного

арматуры и закладных деталей с алюминиевыми или цинковыми защитными покрытиями, то есть, в случаях, когда по приведенным нормативным документам запрещаются к введению в бетон практически все иные добавки-электролиты.

Использование пластифицирующих добавок к бетонам в производстве бетонных и строительных растворов позволяет улучшить удобоукладываемость, повысить подвижность, ликвидировать риск сливаемости системы, управлять критерием прочности изделий, изменением водоцементного отношения [16].

Механизм действия суперпластификатора, относящегося к категории поверхностно-активных веществ, заключается в его адсорбции на поверхности гидратирующихся цементных частиц и пылевидных фракций песка с образованием мономолекулярного слоя, снижающего внутреннее трение в системе «цемент-заполнитель-вода», а так же в пептизации фокул цементных частиц. Вызванное пептизацией увеличение удельной поверхности гидратирующихся цементных частиц и обуславливает нарастание прочности цементного камня и бетона даже при сохранении водоцементного отношения [18].

Наряду с большим количеством рекомендуемых химических ускорителей твердения за последние годы получили распространение комплексные добавки, состоящие из смеси различных соединений, например, «пластифицирующе-ускоряющие» добавки.

Изложенное относится и к исследуемым добавкам: сульфату натрия, пластификаторов 1-ой группы (суперпластификаторов) и их сочетания в виде комплексного вещества [3, 6, 7].

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния химических добавок на физические и механические свойства цемента.

В качестве химических добавок для бетона были использованы:

- сульфат натрия кристаллизационный, Могилевского химического комбината (Na_2SO_4 ; СН) [5];
- суперпластификатор «СУПЕРПЛАСТ С-3» (СП) [15];
- комплексная добавка «СП + СН».

Их влияние на сроки схватывания цемента изучали по стандартной методике ГОСТ [6], варьируя количество добавки и используя цемент марки М500-Д0 БЦЗ.

Характеристика о минералогическом составе вяжущего представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики цемента, используемого в исследованиях

№ п/п	Завод изготовитель	Марка цемента	Группа активности при пропаривании	Минералогический состав, %			
				C ₃ S	C ₃ A	C ₂ S	C ₄ AF
1	БЦЗ	M500-Д0	1	60	7,3	15	11,5

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

Технологический процесс получения сульфата натрия:

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

СУПЕРПЛАСТ С-3 – органическое синтетическое вещество на основе продукта конденсации нафталинсульфоокислоты и формальдегида со специфическим соотношением фракций с различной средней молекулярной массой – полинафталинметиленсульфонат или метиленбис (нафталинсульфонат) натрия.

СУПЕРПЛАСТ С-3 относится к пластифицирующе-водоредуцирующему виду – суперпластификаторам (обеспечивает подвижность бетонных и растворных смесей до П5).

Влияние добавок сульфата натрия (СН), суперпластификатора (СП) и комплексной на их основе на сроки схватывания цемента марки М500-Д0 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение сроков схватывания цемента при введении добавок

№ п/п	Состав цементного теста				Сроки схватывания	
	В	Ц	ХД		начало	конец
			СН	СП		
1	102	400	-	-	2 ч 05 мин	3 ч 10 мин
2	102	400	1,0%	-	1 ч 35 мин	2 ч 25 мин
3	102	400	0,5%	-	1 ч 50 мин	2 ч 50 мин
4	102	400	-	0,5%	2 ч 40 мин	-
5	102	400	0,5%	0,5%	2 ч 20 мин	3 ч 23 мин
5*	90	400	0,5%	0,5%	1 ч 30 мин	2 ч 10 мин

Из результатов следует, что введение добавки СН сокращает сроки схватывания цемента с увеличением ее дозировки. Так, при дозировках СН в 0,5 % и 1 % от массы цемента время начала схватывания вяжущего сократилось (от его значения для теста нормальной плотности цемента без добавки СН) на (9...12) %.

Одновременно следует отметить, что влияние добавки СН на начало схватывания цемента вполне предсказуемо, при этом время начала схватывания по абсолютной величине составляет 1,5 ч и более, что удовлетворяет нормативным требованиям (не менее 45 мин) [6].

Влияние добавки суперпластификатора СП проявилось в увеличении времени начала схватывания.

Комплексная пластифицирующе-ускоряющая твердение добавка «СП+СН» оказывает неоднозначное влияние на сроки схватывания цемента. Так, при неизменном количестве воды затворения в пластифицированном тесте начало и конец схватывания цемента несколько отодвигается во времени. При этом сроки схватывания цемента с комплексной добавкой во всех случаях меньше, чем с модо добавкой СП.

Снижение количества воды затворения до получения цементного теста нормальной плотности (данные 5*) сопровождается сокращением срока начала схватывания примерно на (15...25%), относительно цемента без добавок. При этом абсолютная величина сроков начала схватывания цемента с комплексной добавкой «СП+СН» ~ «0,5 % +

0,5 %», равная: $1^{30} \dots 2^{30}$ (час, мин) удовлетворяет нормативным требованиям.

Также были проведены исследования влияния исследуемых химических добавок на прочность цементного камня. Для проведения испытаний использовались следующие составы цементного теста (таблица 3). При введении пластифицирующей добавки уменьшалось начальное водосодержание до консистенции цементного теста, соответствующего тесту нормальной густоты.

Таблица 3. Составы цементного теста для исследований

№ п/п	В	Ц	ХД		КНГ	Δ В	
			СН	СП		г.	%
1	102	400	-	-	0,255	-	-
2	102	400	1,0%	-	0,255	-	-
3	102	400	0,5%	-	0,255	-	-
4	80	400	-	0,5%	0,2	22	21,57
5	90	400	0,5%	0,5%	0,225	12	11,76

Для проведения испытаний были использованы формы кубиков с ребром 20 мм (рисунок 1).

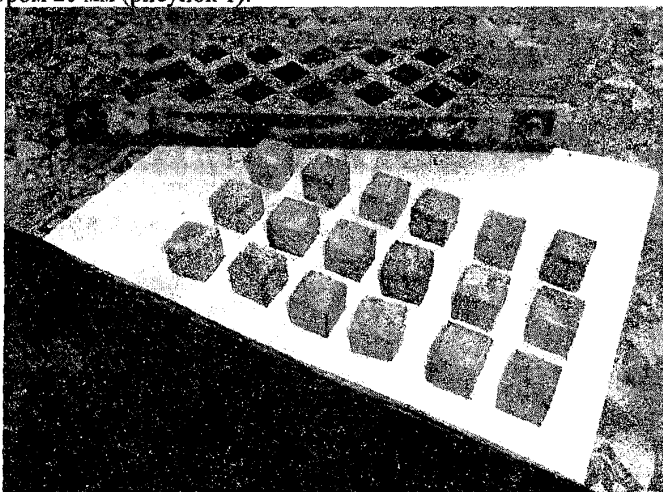


Рисунок 1 – Кубики из цементного камня размером 20х20х20 мм

Образцы твердели в естественных условиях без подвода тепла при температуре среды твердения 10...12 °С.

Кинетика изменения прочности цементного представлена в таблице 4 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 4. Кинетика изменения прочности цементного камня

№ п/п	Усилие, кН в возрасте				Прочность в % от R28 в возрасте			
	1	3	7	28	1	3	7	28
1	9,2	17,2	19,5	21,3	43	81	92	100
2	14,2	19,6	21,9	22,7	67	92	103	107
3	14,0	19,2	20,7	22,7	66	90	97	107
4	0,2	15,5	20,1	21,7	1	73	94	102
5	12,4	18,3	21,4	22,3	58	86	101	105

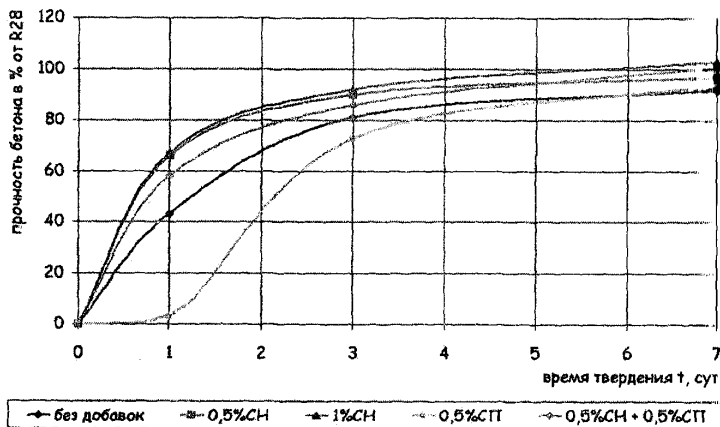


Рисунок 2 - Кинетика изменения прочности бетона в течение 7 суток твердения

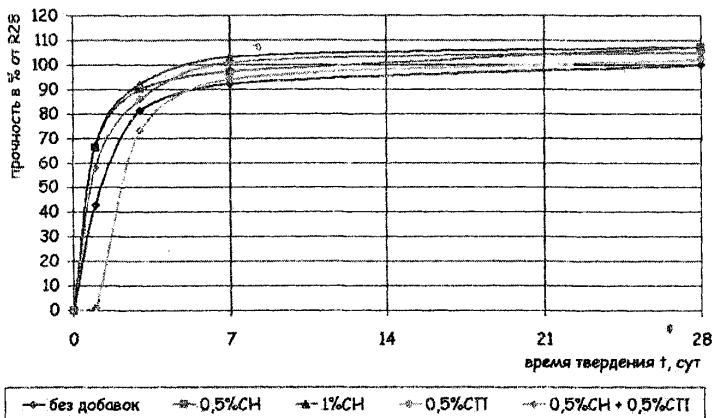


Рисунок 3 – Кинетика изменения прочности бетона в течение 28 суток твердения

Очевидно, что использование добавки СН и комплексной: СП + СН, обеспечивает стабильный рост прочности бетона. При этом эффективность комплексной добавки несколько ниже в первые 24...48 часов твердения. Далее, начинает проявляться эффект повышения темпа роста бетона с комплексной добавкой за счет более низкого водоцементного отношения и относительного водосодержания цементного теста.

Анализируя полученные результаты, можно отметить эффект торможения реакций гидратации цемента органической составляющей добавки СП, ее поверхностно-активными веществами.

Оценивая эффективность применения исследуемых химических добавок приходим к выводу, что цементный камень с добавками СН и СП + СН обеспечивает прочность в 60-70 % от проектной за 24 ч твердения при температуре среды в 10...12 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.
2. Батяновский, Э.И. Энергосберегающие технологии цементного бетона / Сб. научн. трудов БНТУ в 2-х томах. Т.1. – Мн.: БНТУ, 2006. – С. 35-48

3. Батыновский, Э.И., Иванова, Е.А., Осос, Р.Ф. Эффективность проблемы энергосберегающих технологий цементного бетона. Строительная наука и техника, 2006, № 3. – С. 7-17.
4. ГОСТ 10178-85 Портландцемент. Шлакопортландцемент. Технические условия.
5. ГОСТ 21458-75 Сульфат натрия кристаллизационный. Технические условия. – М., – Государственный комитет СССР по стандартам, 1975 г.
6. ГОСТ 310.0-5-81 Цементы. Методы испытаний.
7. Пособие. Применение химических добавок в бетоне. ПП-99 и СНиП 3.09.01-85/Минстрой архитектуры РБ. – Мн.; 2000. – 33 с.
8. Ратинков, В.Б., Розенберг, Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1989. – 186 с.
9. Ружинский С. Ускорители схватывания и твердения в технологиях бетонов. – Материалы сайта <http://www.allbeton.ru>, 2008 г.
10. СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции».
11. СТБ 1035-96 Смеси бетонные. Технические условия.
12. СТБ 1112-98 Добавки для бетонов. Общие технические условия.
13. СТБ 1545-2005 Смеси бетонные. Методы испытаний.
14. Тейлор К. Химия цемента. – Перевод с английского. – М.: МИР, 1986. – С. 418-429.
15. ТУ 5730-004-97474489-2007 «Суперпластификатор «Суперпласт с-3», – 2007 г.
16. Чумаков Ю. М., Тринкер Б. Д., Демина Г. Г., Маньковская Г. Н., Тринкер А. Б. Влияние суперпластификаторов на свойства бетона. – Журнал «Бетон и железобетон», – М, «Ладья», №10/1980 г. – С. 17.
17. Химические добавки для бетонов и растворов. Каталог – Кхд1 – 2007/ Блещик, Н.П. (и др.), Минстройархитектуры РБ. – Минск: РУП Белстройцемент; 2007. – 57 с.
18. Rixom R. M. Development of an admixture to produce flowing or self-compacting concrete – Precast concrete, №5/1974 г.