

Т.А. КРАСНОВА, начальник научно-технической службы,
Н.И. БОРОУЛЯ, начальник испытательной лаборатории,
ООО «Торговый дом СУПЕРПЛАСТ» (Владимир)

Химическая модификация бетонов для монолитного бетонирования

Бетонирование монолитных сооружений и конструкций — неотъемлемая часть современного строительства во всех сферах, включая транспортное и инфраструктурное. Большинство монолитных конструкций возводится с использованием товарного бетона, для которого реологические свойства бетонных смесей, кинетика набора прочности зачастую являются определяющими при проектировании состава бетона и выборе способа его химической модификации наряду с такими параметрами, как проектная прочность бетона, его морозостойкость, водонепроницаемость, стойкость к воздействию окружающей среды.

При рассмотрении свойств бетонных смесей наиболее интересны добавки, регулирующие свойства бетонных и растворяемых смесей, — первая группа по ГОСТ 24211–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия». Абсолютное большинство продуктов, относящихся к этой группе, являются поверхностно-активными веществами различной химической природы и строения.

Рассмотрим ПАВ более подробно. Поверхностно-активные вещества — это соединения, адсорбция которых из жидкости на поверхности раздела фаз (жидкой, твердой или газообразной) приводит к снижению поверхностного натяжения. По международной классификации ПАВ делятся на ионогенные — катионактивные, анионактивные и амфотерные, а также неионогенные.

Практически все виды ПАВ могут использоваться для модификации бетона. Существует также большое количество различных классификаций ПАВ, основанных на характере влияния на структурообразование, на механизме их взаимодействия с цементом и др.

При рассмотрении способов изменения реологических свойств бетонной смеси наиболее интересны все-таки анионактивные ПАВ, являющиеся гидрофилезирующими веществами. Число подобных добавок очень велико, к ним можно отнести лигносульфонаты щелочных и щелочно-земельных металлов (ЛСТ), гидроксикарбоновые кислоты и их соли, соли многоосновных кислот, углеводы и их производные, соли полиметиленафталинсульфокислоты (С-3) и полимеламинсульфокислоты и поликарбоксилатные эфиры (ПК) (рис. 1).

При рассмотрении механизма действия подобных веществ выделяют следующие основные процессы [1–3]:
— моно- или полимолекулярная адсорбция ПАВ на поверхности главным образом гидратных новообразо-

ваний. Вследствие адсорбции уменьшается межфазовая энергия и облегчается дезагрегация (дефлокуляция) частиц, высвобождается большая часть иммобилизованной воды, которая обеспечивает пластифицирующий эффект;

— изменение величины дзета-потенциала поверхности частиц твердой фазы. Вследствие адсорбции добавок все частицы твердой фазы приобретают одноименный заряд, что приводит к их отталкиванию. В результате облегчается перемещение и затрудняется коагуляция частиц. Изменение дзета-потенциала от –20 до –40 мВ является «откликом» адсорбции и хемосорбции ПАВ на поверхности гидратных фаз. Необходимо отметить, что

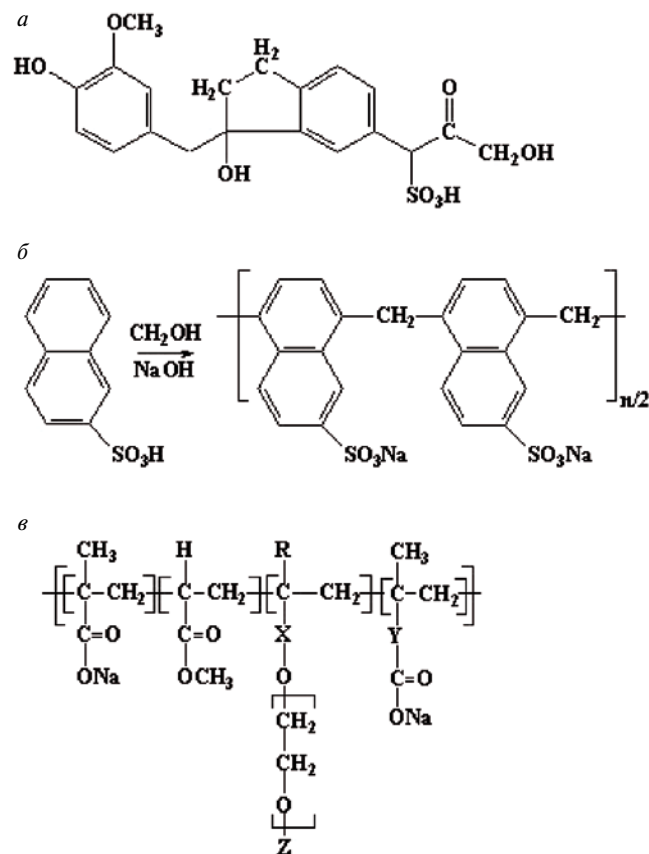


Рис. 1. Лигносульфовая кислота (а), полиметиленафталинсульфонат натрия (б), поликарбоксилатный эфир (в)

Таблица 1

Производитель и наименование цемента	Химико-минералогический состав, %					Добавка	
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	R ₂ O	Вид	%
ОАО «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5 Б	64	15	6	12	0,6	Опока	до 5
ЗАО «Осколцемент» ЦЕМ I 42,5 Н	65,45	13,3	9,9	11,3	0,53	ТЭА не более 0,03%	
ЗАО «Михайловцемент» ЦЕМ II/A-Ш 32,5 Б	62	13	9	12,5	0,75	Шлак	18,5

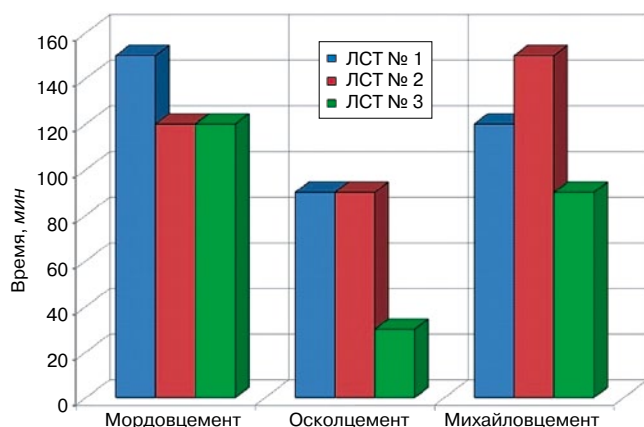


Рис. 2. Влияние ЛСТ разных производителей на время сохранения подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) при использовании различных цементах

значения дзета-потенциала для ЛТС, С-3 и ПК весьма близки, несмотря на разницу в их эффективности;

– химическое взаимодействие между цементными минералами, а также продуктами их гидратации и добавками ПАВ. Подобное взаимодействие может приводить к повышению концентрации различных фаз в поровой жидкости и ускорению реакции гидратации, к повышению концентрации кальций-алюминатных и силикатных ионов вследствие образования координационных соединений – молекулярных комплексов, что приводит к изменению морфологии их кристаллов; либо понижение концентрации ионов вследствие образования труднорастворимых соединений, что приводит к торможению гидратации из-за образования на поверхности зерен экранирующих пленок.

Для ЛСТ, гидроксикарбоновых кислот, их солей и эфиров, а также для многоосновных органических кислот наблюдаются некоторые особенности в характере адсорбции. Подобные соединения имеют большое количество функциональных групп: $-\text{COO}$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{CON}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, сравнительно равномерно распределенных по длине основной цепи. В результате такие ПАВ, адсорбируясь функциональными группами преимущественно на гидратных новообразованиях, располагаются «плашмя» – вдоль поверхности твердой фазы (а не в виде частоты, характерного для гидрофобизирующих добавок). Кроме того, часть таких функциональных групп остается «свободной», она-то и гидрофилизует цементное тесто или бетонную (растворную) смесь, улучшая ее смачивание водой.

С учетом близости механизма действия влияние модификаторов на основе указанных анионоактивных ПАВ на свойства материалов на основе портландцемента должно быть сходным по достигаемым эффектам и их величинам. Основное отличие должно лежать в области дозировок, что связано со строением и химической природой ПАВ.

Рассмотрим действие различных ПАВ и продуктов на их основе на конкретных примерах. Испытания проводили на цементах следующих производителей: ОАО «Мордовцемент», ЗАО «Осколцемент» – ЦЕМ I 42,5 и ЗАО «Михайловцемент» – ЦЕМ II/A-Ш 32,5 (табл. 1). Для сравнения результатов испытания проводили на стандартном составе бетона, спроектированного по ГОСТ 30459–2008.

ЛСТ различных производителей (производители ЛСТ № 1–3 не указываются) существенно отличаются по свойствам, так ЛСТ отличаются и по пластифицирующему эффекту, и по влиянию на сохранение реологических свойств по времени (рис. 2). Такая нестабильность

Таблица 2

Добавка	Дозировка, %	Нормальная густота, %	Начало схватывания	Конец схватывания
Эталон	–	28,5	4 ч 00 мин	5 ч 10 мин
ЛСТМ	0,3	26	Проба № 1 – 55 мин Проба № 2 – 1 ч 30 мин	Более 6 ч
Эталон	–	28,5	4 ч	5 ч 30 мин
Винная кислота	0,1	28,5	4 ч 30 мин	7 ч 30 мин
Винная кислота	0,2	28,5	5 ч 25 мин	Более 8 ч
Лимонная кислота	0,1	28,25	7 ч 30 мин	Более 8 ч
Лимонная кислота	0,2	26,5	0 ч 50 мин	1 ч 05 мин
Молочная кислота	0,1	29	4 ч 10 мин	6 ч
Молочная кислота	0,2	29,5	5 ч 30 мин	Более 6 ч
Эталон	–	27,5	2 ч 40 мин	4 ч
Лактат натрия	0,1	26,25	3 ч 18 мин	4 ч 18 мин
Лактат натрия	0,2	26	3 ч 23 мин	4 ч 18 мин
Эталон	–	27,5	2 ч 40 мин	4 ч
Тартрат натрия	0,1	25,5	Более 6 ч	20 ч 50 мин
Тартрат натрия	0,2	25	4 ч 45 мин	21 ч 20 мин
Эталон	–	25,25	2 ч 40 мин	3 ч 40 мин
Цитрат натрия	0,1	24,25	6 ч 20 мин	9 ч
Цитрат натрия	0,2	22,75	1 ч 30 мин	4 ч 05 мин
Эталон	–	26,75	2 ч 40 мин	3 ч 40 мин
Олигофосфоновая кислота	0,007	26,75	3 ч 15 мин	5 ч
Натриевая соль олигофосфоновой кислоты	0,005	26,75	2 ч 50 мин	3 ч 50 мин
Натриевая соль олигофосфоновой кислоты	0,01	26,75	3 ч 20 мин	4 ч 30 мин

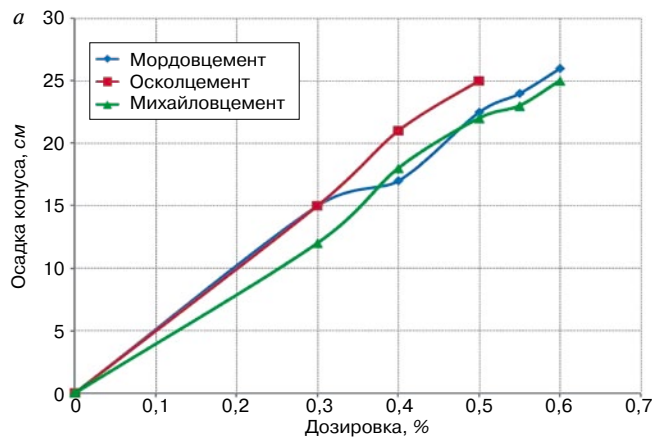


Рис. 3. Пластифицирующая способность (а) и влияние С-3 на время сохранения (б) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) на различных цементах

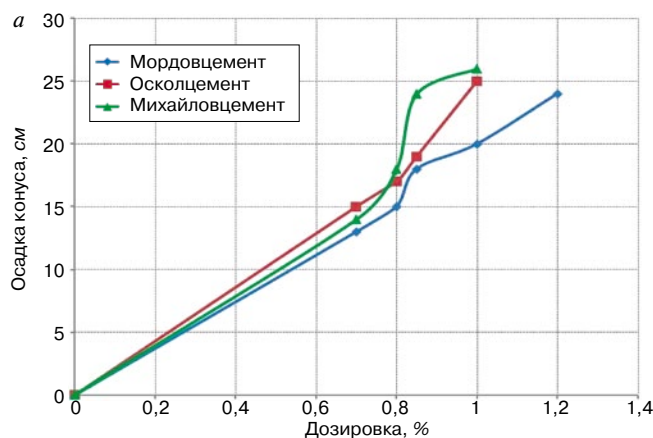
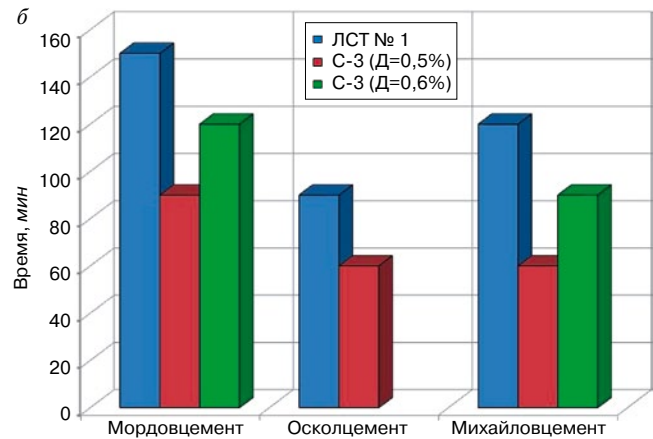
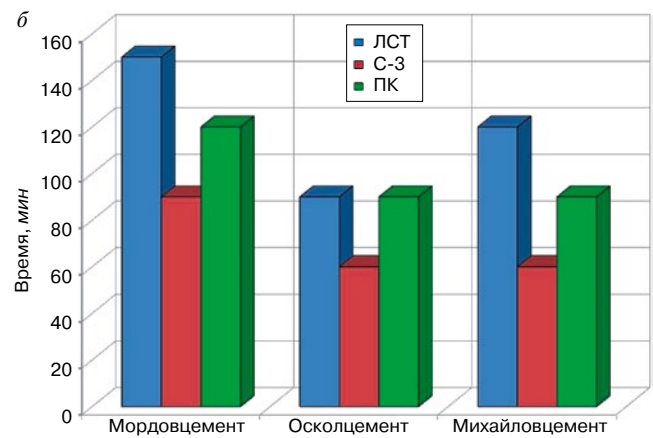


Рис. 4. Пластифицирующая способность (а) и влияние ПК на время сохранения (б) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) на различных цементах



свойств связана в первую очередь с нестабильностью ЛСТ, являющегося побочным продуктом производства.

При рассмотрении С-3 можно наблюдать стабильность пластифицирующего эффекта и диапазона оптимальных дозировок на всех цементах. Необходимо отметить, что на разных цементах наблюдается различное сохранение подвижности во времени, что скорее всего связано с особенностями минералогического состава (рис. 3). Но эффективные дозировки С-3 выше, чем для ЛСТ, что связано с различием длины основной молекулы данных ПАВ.

Для поликарбоксилатного пластификатора (пр-во Японии) можно заметить значительную разницу в эффективности на разных цементах (рис. 4). При этом наблюдалась достаточно быстрая потеря подвижности на всех цементах. Возможно, подобное поведение поликарбоксилатного модификатора связано с некоторой «универсальностью» его строения — продукт заявлен как для товарного бетона, так и для производства железобетонных изделий и конструкций в заводских условиях, что явно должно было повлиять и на плотность расположения боковых цепей и их длину, и на плотность заряда по длине молекулы.

При рассмотрении влияния гидроксикарбоновых кислот и их солей на сроки схватывания цементного теста (цемент производства ОАО «Мордовцемент») наблюдается увеличение индукционного периода гидратации (табл. 2). Необходимо отметить, что для некоторых веществ, являющихся классическими замедлителями схватывания, наблюдали обратный эффект при незначительном увеличении дозировки.

На стандартных составах бетонов особой разницы в эффективности между С-3 и поликарбоксилатным пластификатором не наблюдалось, кроме некоторого снижения дозировки ПК.

При рассмотрении комплексных продуктов интересно отследить изменение эффективности относительно базовых продуктов. Сочетание различных ПАВ в составе одного модификатора может привести к значительному пластифицирующему эффекту и регулированию времени сохранения этого эффекта за счет последовательной работы различных веществ.

Для изучения были выбраны продукты, сочетающие в себе свойства суперпластификаторов и регуляторов сохранения подвижности бетонной смеси: Суперпласт Прима, Суперпласт Ультра и Эдванс Супер. Суперпласт Прима и Ультра в качестве одной из пластифицирующих основ содержит в своем составе С-3, но добавки отличаются другими компонентами в своем составе. Эдванс Супер — продукт на поликарбоксилатной основе. Оценка эффективности комплексов проводилась на тех же цементах и составах.

Для начала оценили пластифицирующую способность указанных добавок. В сравнении с базовым пластификатором С-3 для комплексных продуктов на всех указанных цементах наблюдается снижение оптимальной дозировки.

Затем отследили влияние комплексных продуктов на время сохранения подвижности бетонной смеси. Все комплексы обеспечивают сохранение подвижности бетонной смеси на 1–2,5 ч дольше, чем соответствующие монопродукты, включая ЛСТ (рис. 5). По влиянию на

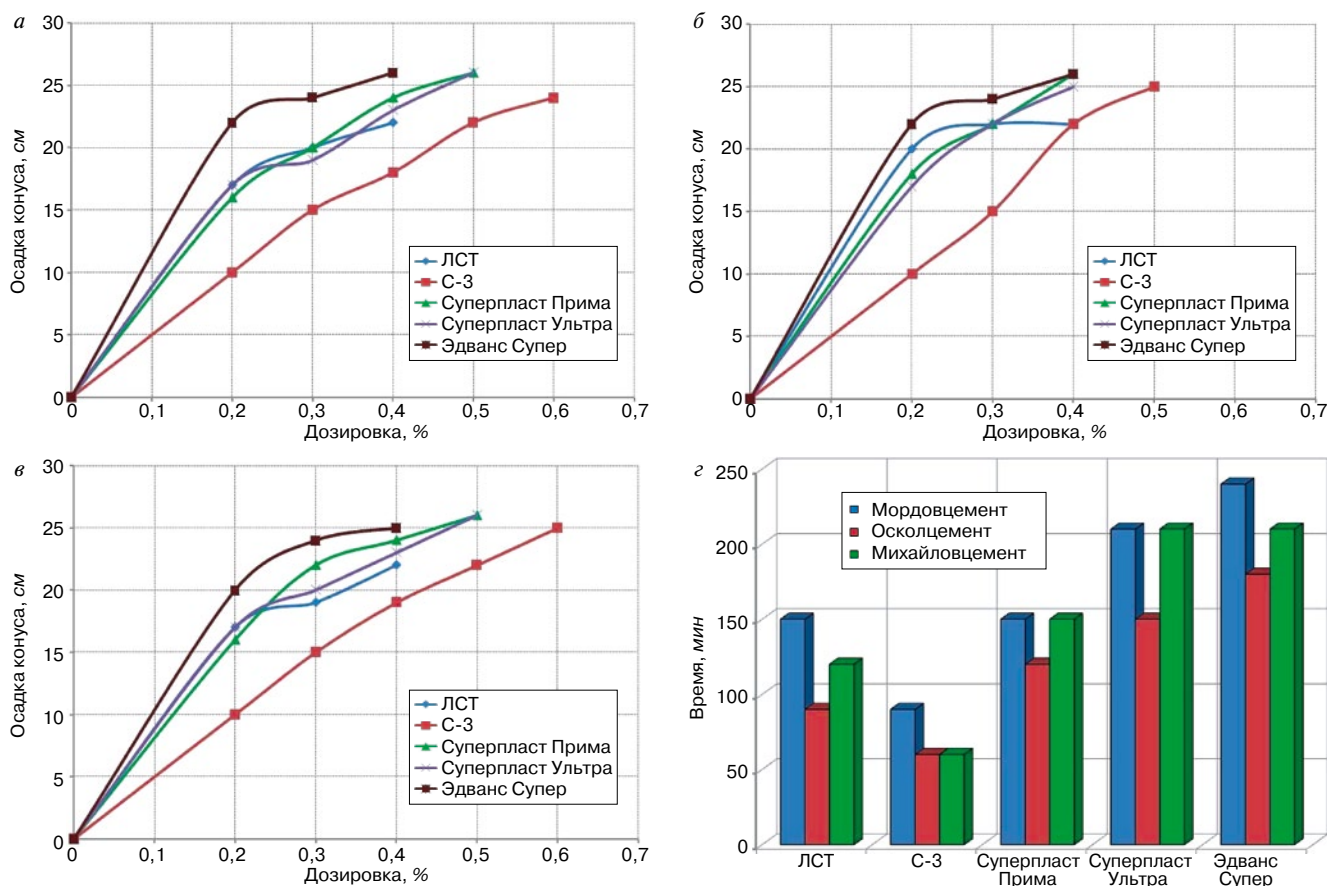


Рис. 5. Пластифицирующая способность комплексных добавок (а – ОАО «Мордовцемент»; б – ЗАО «Осколцемент»; в – ЗАО «Михайловцемент») и влияние на время сохранения (г) подвижности бетонной смеси (начальная ОК = 22 см, конечная ОК = 15 см) монопродуктов и комплексных добавок на различных цементах

кинетика твердения комплексные добавки были ближе к С-3 – практически во все сроки твердения наблюдалась сравнимая с контрольным составом или положительная относительно контрольного состава кинетика твердения бетона.

Стоит обратить внимание на тот факт, что при рассмотрении пластифицирующих свойств и регулирования сохранения подвижности величина основного эффекта продуктов на основе С-3 и поликарбоксилатного пластификатора практически не отличается. Поэтому говорить о большей эффективности добавок на основе поликарбоксилатов не совсем корректно при рассмотрении стандартных бетонных смесей. Основное отличие между добавками – величина оптимальной дозировки. Именно поэтому не следует рассматривать поликарбоксилатные добавки как продукты другого класса эффективности. Эти продукты обладают меньшими дозировками и немного большим водоредуцирующим эффектом, поэтому в некоторых случаях их применение может быть экономически более целесообразно.

Ключевые слова: модификатор бетона, механизм действия, комплексная добавка, анионоактивные ПАВ.

Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
2. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. 188 с.
3. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент: Фан, 1975. 200 с.

Вышла книга

Защита деревянных конструкций



Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук,
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2013, 424 с.

В книге приведены результаты исследований, проведенных автором и разработанные им рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Большое внимание уделено защите несущих ДКК и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания.

Приведены известные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натурных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Описаны результаты мониторинга влажностного состояния несущих КДК в таких крупных объектах, как ЦВЗ «Манеж», крытый конькобежный центр в Крылатском в Москве и др., при проведении которого использована разработанная автором методика оценки влажности древесины с использованием модельных образцов.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству КДК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей вузов. Она может быть полезна также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Цена 1000 р. без почтовых расходов.

Заявки для приобретения направлять

по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08

E-mail: mail@rifsm.ru