

УДК 666.972.16

**НОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОБАВКА СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР ДЛЯ БЕТОНОВ**

*канд. техн. наук Л.М. ПАРФЕНОВА, В.В. БОРОДА  
(Полоцкий государственный университет)*

*Приведены физико-механические свойства цементных композиций, модифицированных добавкой поликарбоксилатного суперпластификатора. Показана эффективность поликарбоксилатного суперпластификатора по сравнению с суперпластификатором С-3.*

В современных условиях возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона является важным направлением научно-технического прогресса в строительстве. Этому способствуют достоинства монолитного бетона и железобетона, обеспечивающие высокий уровень индустриализации строительства и не требующие создания дорогостоящей производственной базы. Отмечается, что по сравнению с полносборным для организации монолитного домостроения требуется на 30..40 % меньше капитальных вложений. При этом сокращаются расходы стали, электроэнергии, создается благоприятная возможность для использования местных строительных материалов [1 - 3].

Одним из радикальных путей повышения эффективности монолитного бетона является переход на применение литых бетонных смесей, не требующих уплотнения при укладке и обеспечивающих переход на безвибрационные методы бетонирования конструкций.

Сама идея литьевой технологии бетонирования монолитных конструкций не нова. Ещё в 20-е - начале 30-х годов в нашей стране и за рубежом широко применялись так называемые литые бетонные смеси, в которых высокая подвижность достигалась введением повышенного количества воды. Однако использование таких смесей не нашло широкого применения из-за низкого качества и неоднородности получаемых бетонов, не говоря уже о высоких расходах цемента [2].

Литые бетонные смеси должны удовлетворять всем основным требованиям, предъявляемым к бетонным смесям вообще: однородности, нерасслаиваемости, высокой водоудерживающей способности.

Получение качественных литых бетонных смесей невозможно без современных достижений химии в технологии бетона. Для этих целей широко используются добавки суперпластификаторы. Опыт применения показал, что эффективность суперпластификаторов зависит от вида и качества цемента, ограниченности времени действия добавок, возможности возникновения расслоения бетонной смеси.

Успешные исследования последних лет привели к созданию новых, весьма эффективных химических модификаторов, обеспечивающих получение литых бетонных смесей. Это - поликарбоксилатные суперпластификаторы или гиперпластификаторы. Отмечается, что эти добавки имеют более низкие оптимальные дозировки, низкую чувствительность к виду и составу цемента, бетонная смесь длительное время сохраняет первоначальную консистенцию и повышенную связность - нерасслаиваемость [4].

Поликарбоксилаты - это анионные полимеры, которые образуются при полимеризации ненасыщенных карбоновых кислот, таких как акриловая, метакриловая или малеиновая кислоты. Структура анионного полимера, с длинной главной цепью и множеством ациклических боковых цепей напоминает по внешнему виду гребень, поэтому полимеры этого типа названы гребнеобразными полимерами [4].

В работе [5] отмечается, что разжижающее действие поликарбоксилатных суперпластификаторов заключается в пептизации флокул цемента. Адсорбированные на поверхности цементных частиц молекулы суперпластификатора разделяют их и экранируют силы межмолекулярного притяжения. Связанная во флокулах вода освобождается, увеличивая объем дисперсной среды, способствуя разжижению цементного теста в бетонной смеси и снижению его вязкости.

Нами выполнены исследования эффективности поликарбоксилатного суперпластификатора.

Для изучения эффекта, оказываемого добавкой поликарбоксилатного суперпластификатора на структуру цементной суспензии, был выполнен микроскопический анализ. В эксперименте изучались цементная суспензия без добавок следующего состава: 20 г цемента и 100 г воды, цементные суспензии такого же состава с поликарбоксилатным суперпластификатором и суперпластификатором С-3. Для проведения эксперимента использовался Кричевский портландцемент ПЦ 500-Д0. Микроскопический анализ выполнен на микроскопе «Axiovert-10» с увеличением 100 крат (рис. 1).

Микроскопический анализ показал, что в цементной суспензии без добавок образуются флокулы частиц цемента, которые иммобилизуют внутри себя воду, что отчетливо видно на рис. 1, а.

При введении в цементную суспензию суперпластификатора С-3 скопления частиц цемента стали более мелкие. На рис. 1, б видно, что они равномерно располагаются по всему объему. Это позволяет говорить о процессе дефлокуляции агрегированных частиц цемента и, следовательно, об освобождении иммобилизованной во флокулах воды.

При введении поликарбоксилатного суперпластификатора скоплений частиц цемента не видно. Поверхность рассматриваемой цементной суспензии имеет однородный серый цвет (рис. 1, в).

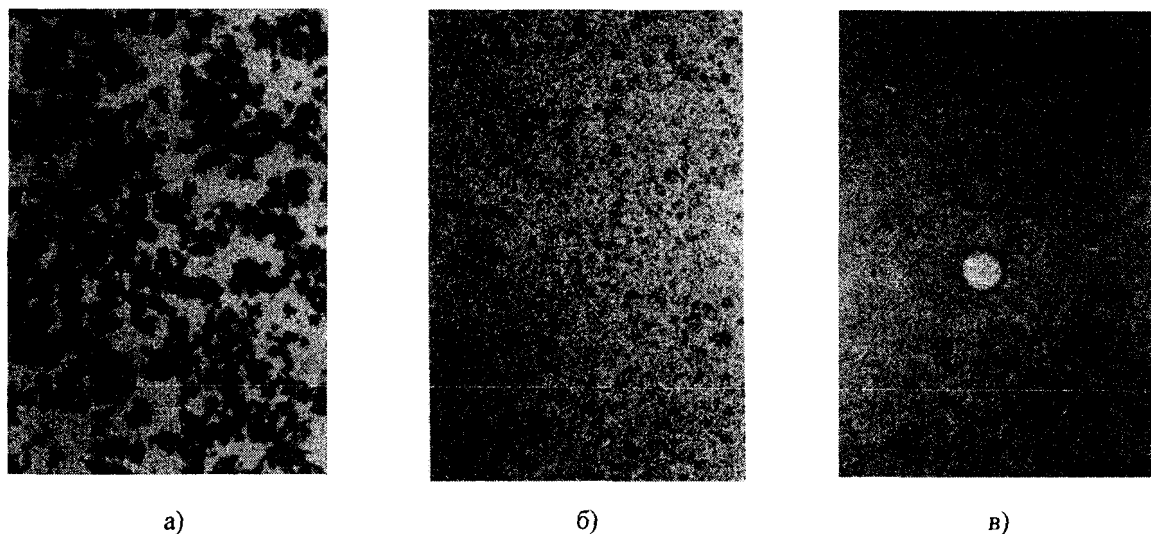


Рис. 1. Структура цементной суспензии (темные участки - цемент, светлые - вода):  
 а - без добавки; б - с добавкой суперпластификатора С-3 0,5 % от массы цемента;  
 в - с добавкой поликарбоксилатного суперпластификатора 0,5 % от массы цемента

Анализ рисунка показывает, что поликарбоксилатный суперпластификатор обеспечивает более глубокую дефлокуляцию агрегированных частиц цемента, что должно сопровождаться появлением большего количества свободной воды.

Это предположение нашло подтверждение при определении водоотделения цементного теста, которое выполнялось по ГОСТ 310.6-85. Результаты определения водоотделения представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Водоотделение модифицированного цементного теста

Количество вводимой добавки, % от т.,	Значение водоотделения цементного теста, %, с добавкой	
	поликарбоксилатного суперпластификатора	суперпластификатора С-3
0,1	31,85	-
0,2	41,05	-
0,4	50,52	32,58
0,6	52,43	33,19
0,8	52,63	34,68
1,0	52,84	35,11

Примечание. Водоотделение цементного теста без добавки составило 23,16 %.

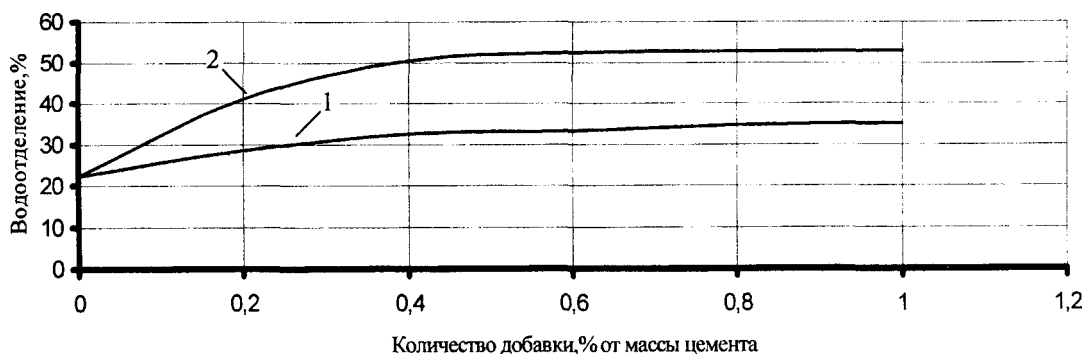


Рис. 2. Изменение водоотделения цементного теста при введении добавок:  
 1 - суперпластификатора С-3; 2 - поликарбоксилатного суперпластификатора

Из графика (рис. 2) видно, что водоотделение цементного теста с поликарбоксилатным суперпластификатором в 1,55 раза выше водоотделения цементного теста с суперпластификатором С-3. Зависимость изменения водоотделения от дозировки добавки для поликарбоксилатного суперпластификатора сохраняется аналогичной как и для суперпластификатора С-3.

В работе [6] отмечается, что водоотделение как показатель интенсивности седиментационных явлений в цементном тесте характеризует способность суперпластификатора изменять степень сольватации цементных частиц. В результате этого общее количество свободной воды уменьшается, причем введение суперпластификатора снижает не только скорость водоотдачи, но и общее количество отделившейся воды.

Коэффициент нормальной густоты ( $K_{н.г.}$ ) и сроки схватывания цементного теста с добавками определялись согласно ГОСТ 310.3. Результаты определения  $K_{н.г.}$  приведены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Коэффициент нормальной густоты цементного теста

Количество вводимой добавки, % от массы цемента	Коэффициент нормальной густоты с добавкой	
	поликарбоксилатного суперпластификатора	суперпластификатора С-3
0,1	0,203	-
0,2	0,186	-
0,4	0,172	0,218
0,6	0,167	0,207
0,8	-	0,195

*Примечание.* Коэффициент нормальной густоты цементного теста без добавки составил 0,24.

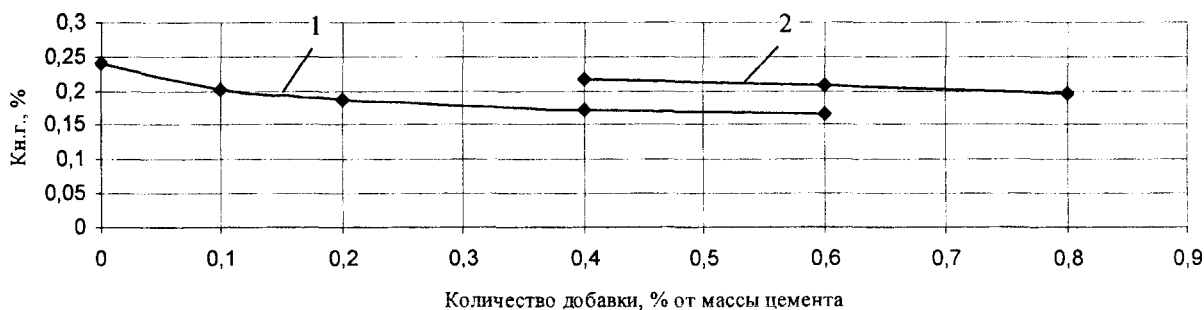


Рис. 3. Изменение коэффициента нормальной густоты цементного теста при введении добавки: 1 - поликарбоксилатного суперпластификатора; 2 - суперпластификатора С-3

Анализ полученных данных показывает, что при увеличении дозировки добавок  $K_{н.г.}$  цементного теста снижается, т.е. требуется меньшее количество воды затворения для получения требуемой консистенции.

Наибольший эффект обеспечивает поликарбоксилатный суперпластификатор. При дозировках в количестве 0,2...0,4 % от массы цемента  $K_{н.г.}$  снижается на 22...28 % по сравнению с бездобавочным цементным тестом, в то время как суперпластификатор С-3 при дозировках 0,6...0,8 % от массы цемента снижает  $K_{н.г.}$  цементного теста на 14... 19 %. То есть поликарбоксилатный суперпластификатор обеспечивает больший пластифицирующий эффект.

Скорость протекающих физико-химических процессов формирования структуры цементного камня характеризуется сроками схватывания цементного теста. Результаты определения сроков схватывания приведены в табл. 3.

При введении добавок происходит отдаление начала схватывания цементного теста. Чем выше дозировка добавок, тем больше время начала схватывания цементного теста.

Так, при дозировке поликарбоксилатного суперпластификатора в количестве 0,1 % от массы цемента начало схватывания замедляется на 25 мин, а при дозировке 0,4 % от массы цемента - на 40 мин. Период интенсивного структурообразования остается практически неизменным: 1 ч 25 мин - для бездобавочного состава и 1 ч 30 мин... 1 ч 40 мин - для составов с поликарбоксилатным суперпластификатором.

Такой же эффект в замедлении начала схватывания наблюдается и при введении суперпластификатора С-3, но при больших дозировках. При введении 0,4 % от массы цемента добавки С-3 начало схватывания замедлялось на 25 мин, при 0,6 % от массы цемента - на 55 мин. Время интенсивного структурообразования с добавкой С-3 уменьшилось по сравнению с бездобавочным составом с 1 ч 25 мин до 50 - 55 мин.

Таблица 3

Сроки схватывания модифицированного цементного теста нормальной густоты

Количество вводимой добавки, % от $m_c$	Вид добавки	Сроки схватывания, ч-мин		Продолжительность структурообразования, ч-мин
		начало	конец	
–	Без добавки	3...20	4...45	1...25
0,1	Поликарбоксилатный суперпластификатор	3...45	5...15	1...30
	Суперпластификатор С-3	–	–	–
0,2	Поликарбоксилатный суперпластификатор	3...30	5...10	1...40
	Суперпластификатор С-3	–	–	–
0,4	Поликарбоксилатный суперпластификатор	4...00	5...35	1...35
	Суперпластификатор С-3	3...45	4...40	0...55
0,6	Поликарбоксилатный суперпластификатор	4...15	5...45	1...30
	Суперпластификатор С-3	4...15	5...05	0...50
0,8	Поликарбоксилатный суперпластификатор	–	–	–
	Суперпластификатор С-3	4...20	5...05	0...45

Подвижность цементного теста с добавками определяли на мини-конусе по методике, разработанной в НИИЖБе. Результаты определения подвижности цементного теста с добавками при В/Ц = 0,3 представлены в табл. 4 и на рис. 4.

Таблица 4

Подвижность пластифицированного цементного теста

Количество вводимой добавки, % от $m_c$	Подвижность цементного теста на мини-конусе, см, с добавкой	
	поликарбоксилатного суперпластификатора	суперпластификатора С-3
0,1	13,3	–
0,2	16,3	–
0,4	20,2	10,4
0,6	22,4	13,1
0,8	23,8	17,5
1,0	25,3	18,9

**Примечание.** Подвижность цементного теста без добавки составила 6,2 см.

Из табл. 4 видно, что при дозировке суперпластификатора С-3 0,6...0,8 % от массы цемента подвижность цементного теста по расплыву конуса составляет 13... 18 см, такую же подвижность поликарбоксилатный суперпластификатор обеспечивает при дозировке в 2,5 раза меньшей - 0,2...0,4 % от массы цемента.

Подвижность цементного теста с добавкой С-3 выросла по сравнению с бездобавочным составом в 2,1... 2,8 раза, а с добавкой поликарбоксилатного суперпластификатора - в 2,6... 3,2 раза.

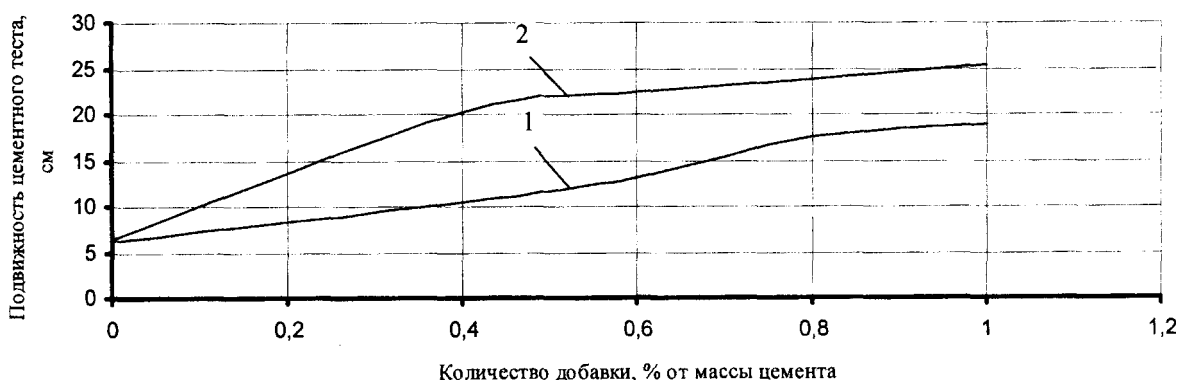


Рис. 4. Изменение подвижности цементного теста при введении добавки: 1 - суперпластификатора С-3; 2 - поликарбоксилатного суперпластификатора

Для определения прочности на сжатие цементного камня изготавливались кубики с размером ребра 2 см из цементного теста с В/Ц = 0,3. Кубики хранились в нормальновлажных условиях, испытания на прочность проводились в возрасте 28 суток. Результаты определения прочности представлены в табл. 5 и на рис. 5.

Таблица 5

## Прочность цементного камня

Количество вводимой добавки, % от $m_c$	Прочность цементного камня, МПа, с добавками	
	поликарбоксилатный суперпластификатор	суперпластификатор С-3
0,1	7,38	—
0,2	7,65	—
0,4	8,17	6,63
0,6	8,86	6,2
0,8	8,57	5,58
1,0	7,6	5,23

Примечание. Прочность цементного камня без добавок составила 7,15 МПа.

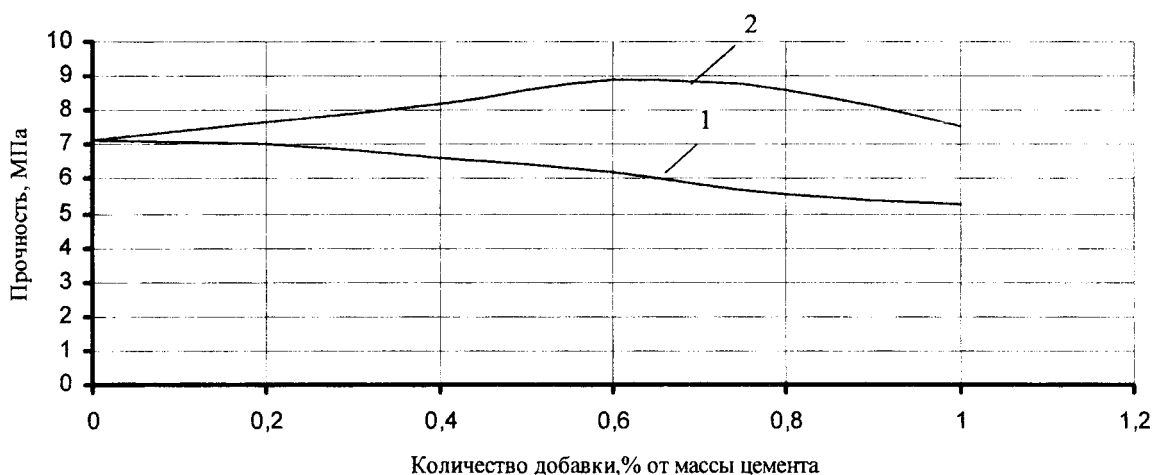


Рис. 5. Изменение прочности цементного камня, модифицированного добавкой: 1 - суперпластификатором С-3; 2 - поликарбоксилатным суперпластификатором

Из графика (см. рис. 5) видно, что прочность цементного камня с поликарбоксилатным суперпластификатором в среднем в 1,5 раза выше прочности цементного камня с суперпластификатором С-3. Так, при введении суперпластификатора С-3 в количестве 0,6 % от массы цемента прочность составила 6 МПа, а с добавкой поликарбоксилатного суперпластификатора - 9 МПа.

Анализ экспериментальных данных (см. рис. 4, 5) показывает, что оптимальной дозировкой, при которой достигается наибольшая подвижность без снижения прочности, для поликарбоксилатного суперпластификатора составляет 0,4 % от массы цемента, а для суперпластификатора С-3 0,6-0,8 % от массы цемента.

Экспериментальные исследования показали:

- поликарбоксилатный суперпластификатор увеличивает водоотделение цементного теста на 50...55 % по сравнению с суперпластификатором С-3;
- поликарбоксилатный суперпластификатор замедляет начало схватывания цементного теста аналогично суперпластификатору С-3;
- время интенсивного структурообразования при введении поликарбоксилатного суперпластификатора остается практически неизменным, в то время как с суперпластификатором С-3 сокращается на 25... 30 мин;
- оптимальная дозировка для поликарбоксилатного суперпластификатора составила 0,4 % от массы цемента, в то время как для суперпластификатора С-3 она составляет 0,6...0,8 % от массы цемента;

- введение поликарбоксилатного суперпластификатора увеличивает подвижность цементного теста в 2,6... 3,2 раза по сравнению с бездобавочным составом и обеспечивает больший пластифицирующий эффект, чем суперпластификатор С-3, увеличивающий подвижность цементного теста в 2,1 ...2,8 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Применение суперпластификаторов в бетоне / В.Г. Батраков, Ф.М. Иванов, Е.С. Силина, В.Р. Фаликман /ВНИИС.-М., 1982.-С. 22-23.
2. Батраков В.Г., Щурань Р., Вавржина Ф.Р. Применение химических добавок в бетоне / ВНИИЭСМ. - М., 1982.-С. 15-16.
3. Бабаев В.А. Бетоны с высокоэффективным пластификатором, твердеющие при тепловлажностной обработке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1979. - 21 с.
4. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я., Башлыков Н.Ф. Новое поколение суперпластификаторов // Бетон и железобетон. - 2000. - № 5. - С. 5 - 7.
5. Тюрина Т.Е. Бетоны нормального твердения на портландцементе различного вещественного и минералогического состава с добавкой суперпластификатора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1981.- 153 с.
6. Калмыков Л.Ф. Литьева технология бетонирования монолитных конструкций. - Мн.: БелНИИНТИ, 1989.-72 с.