

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мурашко, Г.В. Принципы построения телеметрии потенциально-опасных объектов / Г.В. Мурашко, С.В. Решетник, В.Н. Мурашко, С.А. Юхневич // Цифровая обработка информации и управление в чрезвычайных ситуациях. – 2000. – Ч. 2.
2. Ботвин, К.В. Автоматизированное определение прочностных характеристик материалов / К.В. Ботвин, В.Ф. Шумилова. – 1992 – Т. 64.
3. Шабанов, Д.Н. Деформативные свойства силикатных материалов на основе отходов литейного производства / Д.Н. Шабанов, И.Б. Сороговец, В.И. Москалев, И.А. Котенков.
4. Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона арматуры и железобетонных конструкций / Под редакцией канд. техн. наук В.В. Макаричева, 1962.
5. Федорков, Б.Г. Микросхемы ЦАП и АПЦ: функционирование, параметры, применение / Б.Г. Федорков, В.А. Телец, 1990.

УДК 666.972.16

*Шведов А.П., Лазаренко О.В.*

## ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА НАТРИЯ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКОЙ СУЛЬФИРОВАННЫХ ТЯЖЁЛЫХ СМОЛ ПИРОЛИЗА

Сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси – это время, в течение которого смесь в процессе своего выдерживания, после приготовления, теряет удобоукладываемость в пределах величин, указанных в нормативах. Сохраняемость свойств бетонной смеси становится важным показателем в режиме реального времени, когда мы знаем время транспортирования бетона и температурные условия.

Оценка сохраняемости удобоукладываемости бетонной смеси заключается в получении и оценке данных об изменении свойства в течение определенного времени. Условия хранения пробы бетонной смеси от момента ее отбора до момента испытания должны соответствовать температурно-влажностным условиям транспортирования и укладки бетонной смеси. Первое испытание следует выполнять непосредственно после окончания перемешивания смеси, а второе и последующие – через каждые 30 мин до окончания испытания. Для каждого испытания следует использовать отдельную новую пробу бетонной смеси. На основе результатов определения сохраняемости бетонную смесь относят к одному из классов по сохраняемости (табл. 1).

Таблица 1 – Классы бетонных смесей по сохраняемости

Класс смеси		Сохраняемость, мин
Обозначение	Характеристика сохраняемости	
0,4	Низкая	Менее 20
С-2	Средняя	20-60
С-3	Высокая	Более 60

Централизованное заводское изготовление бетонных смесей имеет большие технико-экономические преимущества, поскольку смеси, изготовленные на полностью механизированных и автоматизированных заводах, имеют высокое качество. Типовой цикл приготовления бетонной смеси включает следующие операции (табл. 2).

Таблица 2 – Операции цикла приготовления бетонной смеси

Операция	Продолжительность(сек.)
Загрузка заполнителя	5
Загрузка цемента	15
Сухое перемешивание	20
Загрузка воды	20
Загрузка добавок	
Окончательное время приготовления	20
Время выгрузки	26-36
Подготовка к замесу	4-6
Время цикла	110-122

Транспортирование бетонной смеси к месту укладки должно обеспечить сохранение ее однородности и степени подвижности. При выборе способа транспортирования необходимо учитывать дальность и скорость перевозки, подвижность смеси и экономичность способа. Наиболее эффективным средством транспортирования являются автобетоносмесители, которые загружают на заводе сухими компонентами и в пути следования или на строительном объекте готовят бетонные смеси, возможно, когда автобетоносмеситель загружается готовой бетонной смесью и служит только средством транспортирования.

Технические характеристики автобетоносмесителей стран СНГ приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Технические характеристики автобетоносмесителей

Показатель	Автобетоносмесители						
	СБ-92 А-1		СБ-92 В-1	СБ-92 В-2	СБ-92 В-4	СБ-159А	СБ-159Б
Геометрический объем смесительного барабана, м <sup>3</sup>	8	8	8	8	8	8	8
Емкость смесительного барабана по выходу готовой бетонной смеси, м <sup>3</sup> (при объемной массе смеси, т/м <sup>3</sup> )	4 (2,25)	4 (2,25)	5 (1,95)	5 (1,95)	4,5 (2)	4...5 (2,2)	4,5...5 (2,1)
Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин	0,5...2	0,5...2	0,5...2	1	0,5...2	0,5...2	0,5...2
Показатель	Автобетоносмесители						
	СБ-172-1	СБ-211	СБ-214	СБ-230	СБ-234	СБ-239	581470
Геометрический объем смесительного барабана, м <sup>3</sup>	10	14	10	7,5	14	14	12
Емкость смесительного барабана по выходу готовой бетонной смеси, м <sup>3</sup> (при объемной массе смеси, т/м <sup>3</sup> )	5,4...5,9 (2...2,15)	8 (2)	5...6 (2...2,4)	4 (1,63)	8 (2,1)	8 (1,8)	7 (1,8)
Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин	0,5...2	0,5...2	0,5...2	0,5...2	0,5...2	0,5...2,2	0,5...2,2

Продолжение таблицы 3

Показатель	Автобетоносмесители						
	АБС-03	АБС-4	АБС-5	АБС-6			
Геометрический объем смесительного барабана, м <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10	10
Емкость смесительного барабана по выходу готовой бетонной смеси, м <sup>3</sup> (при объемной массе смеси, т/м <sup>3</sup> )	5 и 6 (2,2 и 1,83)	3,6 - 4 (2,4)	4,9 - 5 (2,4)	5,7 - 6 (2,4)	5,2 - 6 (2,4)	5,1 - 6 (2,4)	4,9 - 6 (2,4)
Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин	1	1	1	1	1	1	1
Показатель	Автобетоносмесители						
	АБС-7			АБС-8	АБС-9	ТАМ2601Т26Б-БМ	
Геометрический объем смесительного барабана, м <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10, 12	
Емкость смесительного барабана по выходу готовой бетонной смеси, м <sup>3</sup> (при объемной массе смеси, т/м <sup>3</sup> )	5,1 и 7 (2,4)	5 и 7 (2,4)	5,1 и 7 (2,4)	7,9 и 8 (2,4)	7,9 и 9 (2,4)	6 (2,2)	
Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин	1	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	0,5 - 2	

Сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси – это её свойство сохранять требуемую удобоукладываемость в течение заданного времени от ее первоначальных значений после затворения до минимально допустимых по условиям качественного уплотнения. Анализ данных таблиц 2 и 3 показывает, что только заполнение миксера бетонной смесью в заводских условиях занимает от 5,5 до 16,3 мин, а выгрузка от 2 до 16 мин, т.е. без учёта времени в пути около 30 мин., поэтому вопрос сохранения заданной марки по удобоукладываемости в течение установленного времени приобретает особое значение.

В работе [1] предлагается суперпластификатор для товарного бетона, обеспечивающий повышенную жизнеспособность пластифицированных бетонных смесей и не вызывающий замедление набора прочности в ранние сроки, включающий нейтрализованные продукты гомополимеризации формальдегида, полученные в результате автокатализируемого процесса полимеризации формальдегида в присутствии гидроксида кальция, и соли полигидроксикарбоновых кислот в виде щелочных или щелочноземельных производных соединений общей формулы  $R(CNOH)_nCOOH$ , где  $n \geq 2$ , а  $R=COOH$  или  $CH_2OH$ , в соотношении, мас.ч.:

нейтрализованные продукты гомополимеризации формальдегида 1,0 соли полигидроксикарбоновых кислот 0,05-0,2.

Автор работы [2] на основании выполненных исследований пришёл к выводу, что введение сульфата, даже совместно с НФС (т.е. при мягком варианте регулирования гидратации  $C_3A$ ), привело к увеличению кажущейся подвижности на 6 см, а сохраняемости – более чем в 2 раза. Аналогичные результаты получены и при испытаниях одной из последних разработок фирмы – суперпластификатора «Полипласт Премиум».

В работе [3] предложен неионный сополимер простого и сложного полиэфира для продления удобоукладываемости в цементной смеси, содержащей гидравлический цемент и воду, где сополимер содержит остатки, по крайней мере, следующих мономеров: Компонента А, представляющего собой, по крайней мере, один этиленненасыщенный мономер сложного эфира карбоновой кислоты, содержащий гидролизующийся в цементной смеси фрагмент, где гидролизованный остаток мономера содержит активный участок связывания для компонента цементной смеси; и, по крайней мере, одного Компонента В, представляющего собой, по крайней мере, один этиленненасыщенный мономер алкенилового эфира, содержащий, по крайней мере, одну  $C_{2-4}$  оксиалкиленовую боковую группу, состоящую из 1-30 звеньев; и, по крайней мере, одного Компонента С, представляющего собой, по крайней мере, один этиленненасыщенный мономер алкенилового эфира, содержащий, по крайней мере, одну  $C_{2-4}$  оксиалкиленовую боковую группу, состоящую из 31-350 звеньев; где молярное соотношение Компонента А к сумме молярных соотношений Компонента В и Компонента С составляет 1:1-10:1.

В ряде работ [4, 5, 6, 7] рассматривается получение пластифицирующей добавки в бетонные смеси на основе использования тяжёлых смол пиролиза жидких и/или газообразных углеводородов.

Количественное содержание компонентов ТСП достаточно точно представлено в работе [8], данные которой приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Количественное содержание компонентов ТСП, %мас.

№	Компоненты	Фракционирование
1	3-Метил-(2)-1,3,5,-гексатриен	0,11
2	1,3-Циклогептадиен	0,20
3	1,3-бис (метилен)-циклопентен	0,13
4	Толуол	0,59
5	1-Этинил-3-метилен-циклопентен	0,06
6	Стирол	0,23
7	3,4,7,7-тетрагидро-4,7метано-1Н-инден	0,33
8	Инден	1,13
9	Метил-дициклопентадиен	0,82
10	1Метил-2-циклопропен-1-ил-бензол	0,94
11	1-Метил-1,2-пропан-диенил-бензол	0,13
12	2-Метилинден	0,83
13	Диметил-дициклопентадиен	0,14
14	1,4-Дигидронафталин	0,61
15	Нафталин	14,37
16	1,3-Диметил-1Н-инден	0,23
17	2-Метилнафталин	2,45
18	1-Метилнафталин	2,02
19	Дифенил	9,02
20	2-Этилнафталин	0,21
21	1-Этилнафталин	0,10
22	2,7-Диметилнафталин	0,09
23	1,6-Диметилнафталин	0,19
24	1,4-Диметилнафталин	0,11
25	Дифенилметан	0,09
26	2,3-Диметилнафталин	0,1
27	4-Метил-1,1 -Бифенил	0,29
28	Аценафтен	0,15



Продолжение таблицы 4

29	3-Метил-1,1-Бифенил	0,04
30	Флуорен	0,28
31	9-Метил-9Н-Флуорен	0,1
32	Фенантрен и антрацен	0,14
33	Нелетучая часть	-52
34	Не идентифицированные вещества	-10

При взаимодействии фракций тяжёлой смолы пиролиза с концентрированной серной кислотой протекают несколько параллельных процессов:

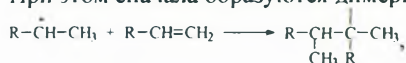
- 1) реакции сульфирования;
- 2) катализируемые кислотой реакции полимеризации непредельных соединений;
- 3) катализируемое серной кислотой алкилирование отдельных соединений.

Все эти реакции в процессе реагирования смол пиролиза с серной кислотой протекают одновременно, но преимущественное развитие в начале процесса получают реакции полимеризации непредельных соединений, а в конце - реакции алкилирования непредельными соединениями.

Непредельные углеводороды в присутствии серной кислоты подвергаются полимеризации, идущей по карбонийионному механизму:



При этом сначала образуются димеры:



а затем тримеры, тетрамеры и т.д., вплоть до продуктов относительно высокой степени полимеризации. При этом серная кислота выделяется в свободном виде.

Различные непредельные соединения полимеризуются по-разному. Легкокипящие непредельные соединения полимеризуются очень глубоко с большим выделением тепла. Продуктом их полимеризации являются густые и вязкие смолы очень сложного строения. Образование продуктов высокой степени полимеризации способствует увеличению вязкости, уменьшению растворимости полимеров в воде. В связи с этим процесс полимеризации следует остановить на более ранней стадии.

В результате реакций полимеризации получаемые соединения имеют разное строение и разную молекулярную массу. Во многих работах отмечается необходимость использования в составе суперпластификаторов комплекса соединений различного состава и строения. Варьируя соотношение серной кислоты и тяжёлых смол пиролиза, можно получать добавки в бетонные смеси с различным содержанием сульфата натрия. Влияние сульфата натрия на характеристики бетона представлены в табл. 5. В опыте 4 добавка получена с минимально возможным содержанием сульфата натрия, но в процессе приготовления бетонной смеси сульфат натрия введён дополнительно.

Таблица 5 – Влияние сульфата натрия на сохраняемость подвижности бетонных смесей

Сульф. ТСП, %	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , % от сульф. ТСП	Осадка конуса, см.			
		сразу	30 мин.	60 мин.	90 мин.
0,9	13	21	20	18	10
0,9	16	21	22	20	15
0,9	20	19	17	11	7
0,9	13+3	20	18	11	6

Анализ данных табл. 3 позволяет сделать следующие предварительные выводы:

- для синтеза добавки на основе сульфированных тяжёлых смол пиролиза с целью получения бетонных смесей с повышенной сохраняемостью удобоукладываемости необходим оптимальный избыток серной кислоты;
- невозможно добавлением сульфата натрия в нейтрализованные продукты сульфирования тяжёлых смол пиролиза получить бетонные смеси с повышенной сохраняемостью удобоукладываемости.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Суперпластификатор для товарного бетона: пат. 2246459 Российской Федерации, МПКС04В24/04, С04В24/06, С04В24/22/ А.И. Вовк, А.А. Дмитриев, М.Г. Злотников, Г.Н. Тузенко. – № 2001126924/04; заявл. 05.10.2001.
2. Вовк, А.И. Суперпластификаторы в бетоне: еще раз о сульфате натрия, наноструктурах и эффективности // Технология бетонов. – 2009. – №5. – С. 18–19.
3. Сополимерная примесная система для сохранения удобоукладываемости цементных композиций: пат. № 2526461 Российской Федерации, МПКС04В24/26С04В26/02С08F220/18 С08F220/26С08F283/06С08F290/06/ Клаус ЛОРЕНЦ, Александер КРАУС, Томас ВИКЕРС, Сузанне ЛИАНОПОУЛО, Махалеван ВИСВАНАТ. – Подача заявки: 10.06.2009.
4. Способ получения пластификатора для бетонных смесей: а. с. 1094274 СССР, МКИ С11Д 3/065 / И.Н. Ахвердов, Л.Ф. Калмыков, В.Г. Тетерук, А.П. Шведов, С.Ф. Якубовский, Э.А. Шиманский, В.И. Чайков, В.И. Лукашевич. – № 3509719/31-04; заявл. 22.01.1982.
5. Способ получения пластификаторов бетонных смесей: а. с. 1427779 СССР, МПК С07С 139/06 / А.Д. Беренц, Е.Я. Гамбург, В.В. Сасковец, Л.Ф. Калмыков, В.Р. Фаликман, К.Г. Чесновицкий, В.Г. Тетерук, В.О. Мейнцнер, В.Г. Батраков, А.П. Шведов. – № 4193756/31-04; заявл. 10.02.1987.
6. Способ получения пластификатора бетонных смесей: пат. 2233253 Российской Федерации, МПКС04В24/16, С04В28/02 / Н.Б. Урьев, А.П. Ижик – № 2002127479/04; заявл. 15.10.2002.
7. Способ получения пластификатора для цементных систем: пат. 12015Респ Беларусь, МПК С04В 24/00 / А.П. Шведов, С.Ф. Якубовский, В.В. Хорушкин. – № 20051301; заявл. 26.12.2005.
8. Хроматографическое определение химического состава тяжёлых смол пиролиза / М.А. Лебедева [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 3. – С. 102-105.

УДК 693.22.004.18

*Шейда О.Ю., Батяновский Э.И.*

### ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ «УКД-1» НА СОХРАНЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

#### Введение

Развитие в Беларуси производства структурированных углеродных наноматериалов (УНМ) [1-3], а также накопленные данные об эффективности их применения в цементном бетоне [4-8] поставили на повестку дня необходимость их практического использования. С учетом того, что эффективность УНМ проявляется в ускорении твердения и повышении прочности бетона в малых дозировках (0,05...0,0005% от массы цемента), одним из направлений применения УНМ явилось введение их в состав комплексной химической добавки в бетон с целью усиления действия ускоряющего его твердение компонента. Одновременно этот компонент способен «адсорбировать» своей поверхностью дисперсные частицы углеродного наноматериала, имеющие положительный заряд, обеспечивая тем самым равномерное распределение малых количеств УНМ в объеме цементного теста на стадии приготовления бетона. С появлением новой добавки «УНМ-1» на рынке Беларуси потребовалось проведение исследований ее эффективности в бе-