

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 548.736.6.

DOI: 10.34708/GSTOU.2022.69.72.001

ВЛИЯНИЕ ПАВ – «L. O. C.» НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ

© З.З. Аларханова, П.Д. Батаева, И.Б. Ибрагимов

КНИИ РАН им. Х.И. Ибрагимова, Грозный, Россия

В работе рассмотрено влияние поверхностно-активного вещества «L. O. C.» на эксплуатационные характеристики композиционного материала на основе бетона с целью установления его эффективности как модификатора. Изготовлены бетонные образцы, модифицированные разрабатываемым многофункциональным чистящим средством – «L. O. C.», проведены испытания образцов бетона на прочность на сжатие, при этом менялись возраст образца и дозировки многофункционального чистящего средства в нем (% от массы цемента). Результаты проведенных испытаний показали, что модифицированные многофункциональным чистящим средством – «L. O. C.» образцы композиционного материала имеют лучшие характеристики. Установлена оптимальная дозировка разрабатываемой химической добавки. Основным преимуществом таких химических добавок является их полифункциональность действия, экологичность и малые дозировки, которые должны обеспечить экономическую целесообразность.

Ключевые слова: модификация, композиционный материал, многофункциональное чистящее средство – «L. O. C.», анионактивные и неионогенные ПАВ.

Основным направлением развития производства строительных материалов является модификация композиционных материалов, позволяющая получать материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Химические добавки позволяют не только значительно сократить расход цемента, но и совершенствуют структурные и физико-механические свойства бетонных композитов.

Из химических добавок, регулирующих свойства готовых бетонов и растворов, более востребованы пластифицирующие добавки, как наиболее эффективные, доступные, недорогие и т.д. В качестве пластифицирующих добавок при изготовлении цементных бетонов и растворов в целях экономии расхода цемента и для улучшения свойств бетонов и растворов широко используют поверхностно-активные вещества. Важная роль ПАВ в строительстве,

как наиболее распространенных модификаторов, обусловлена тем, что на их основе можно получать практически любые типы модифицирующих добавок. Указанные химические добавки позволяют улучшить такие свойства, как: пластичность, текучесть, прочность, удобоукладываемость и т.д. [1-6].

Эффективность влияния поверхностно-активных веществ для бетонных и растворных смесей проявляется с момента смешивания ПАВ с водой затворения и с его остальными компонентами, облегчая смачивание и смешивание составляющих бетона. Также целым рядом исследователей [1-4; 6-8] установлено, что химические добавки – ПАВ являются дефлокулянтами цемента, то есть предотвращают флокуляцию цементных частиц и разрушают ранее образовавшиеся, обеспечивая тем самым пластичность бетонов и растворов. Введение

химических добавок ПАВ в какой-то степени позволяет решить важную проблему в технологии приготовления бетонов и растворов – уменьшение водоцементного отношения.

Как известно, использование рецептурного количества воды, в два-три раза большего, чем необходимо для протекания реакций гидратации, требуется для обеспечения подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, отрицательно влияя на качество бетона. Ведь в процессе твердения портландцемент только до 25% от своей массы воды может химически связать, в отличие от глиноземистого, который связывает более сорока процентов воды. В процессе твердения бетона несвязанная вода начинает испаряться, существенно ухудшая поровую структуру, следовательно, и прочность бетона [9-13].

Химические добавки – ПАВ – это группа органических соединений, которые добавляются в бетонные (растворные) смеси, чаще для повышения их пластичности. Также ПАВ способствуют значительному уменьшению В/Ц отношения, сокращая тем самым расход цемента, повышают водонепроницаемость, морозостойкость, долговечность, не снижая прочность бетонных материалов и изделий. Такие химические добавки повышают поверхностное натяжение на границах раздела фаз, образуя на этих поверхностях адсорбционные слои. По основному эффекту действия на бетонные (растворные) смеси ПАВ, используемые в бетонах и растворах, делят на следующие группы: гидрофилизующие, гидрофобизующие, воздухововлекающие.

Гидрофилизующие добавки сдерживают коагуляцию новообразований, предотвращая слипание частиц цемента между собой. Наибольшее применение в производстве бетонных (растворных) смесей получили гидрофилизующие добавки на основе лигносульфатов. Гидрофобизующие добавки повышают пластичность, связанность бетонной (растворной) смеси, находящейся в покое. В качестве гидрофобизующих добавок применяются в основном новые добавки – битумные дисперсии, синтетические жирные кислоты и другие.

Воздухововлекающие добавки способствуют образованию бетонных смесей с до-

полнительным количеством воздуха, повышая тем самым удобоукладываемость смеси, не увеличивая, как обычно, объем вяжущего. В производстве бетона в основном используют воздухововлекающие добавки на основе смолы (СНВ) [14, 15].

Целью настоящей работы является подбор химических добавок и разработка составов бетонов и растворов, которые позволят не только повысить качество строительных композитов, но и понизить высокую стоимость строительных композитов и изделий из них, за счет снижения расхода цемента.

Для достижения поставленной цели в качестве химического модификатора предложено многофункциональное чистящее вещество – «L. O. C.», которое является поверхностно-активным веществом, может быть комплексным пластификатором, оказывая пластифицирующе-водоредуцирующий эффект.

Таким образом, предполагается, что, используя в качестве модификатора чистящее вещество – «L. O. C.», может быть получен композиционный материал на основе бетона. При этом многофункциональное чистящее средство – «L. O. C.» содержит анионактивные и неионогенные ПАВ, которые улучшают такие свойства, как пластичность, текучесть, прочность [2]. Содержащиеся в разрабатываемых добавках – «L. O. C.» высокоактивные ингредиенты, полученные из натуральных источников, являются безопасными для человека и природы, не содержат щелочей и кислот и обладают антибактериальным эффектом.

По химическому составу добавка – «L. O. C.» содержит:

- анионактивные ПАВ до 15%, химический состав $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na C}_{12+2n}\text{H}_{25+4n}\text{NaO}_{4+n}\text{S})$;
- неионогенные ПАВ до 5% (C_{10-16} спирт этоксилят), гидрофильные поверхностно-активные добавки на основе синтетических первичных спиртов.

Анионактивные поверхностно-активные добавки содержат в молекуле одну или несколько полярных групп (COOHM , OSO_2OHM , SO_3HM), которые и определяют их активность. Как наиболее гидрофилизующие вещества анионактивные добавки влияют в большей

степени на реологические свойства бетонной и растворной смеси. При адсорбировании анионоактивных добавок на поверхности твердых частиц происходит процесс хемосорбции и высвобождается большое количество воды, которая приводит к улучшению пластичности, снижению пористости, следовательно, и повышению прочности. Снижение водосодержания, как правило, способствует лучшему формированию структуры бетона, что подтверждается повышением прочности бетона.

Неионогенная часть чистящих средств – «L.O. C.» представляет собой поверхностно-активные добавки, полученные на основе синтетических первичных спиртов. Растворимость ПАВ, полученных на основе синтетических первичных спиртов, обусловлена наличием в гидрофильной части гидроксильных и эфирных групп, которые образуют с молекулами воды химическую связь с образованием гидратов [6].

Образцы композиционного материала, модифицированные разрабатываемым многофункциональным чистящим средством – «L.O. C.», были получены следующим образом. Прежде всего, была определена плотность многофункционального чистящего средства – «L.O. C.» фирмы AMWAY HOME. Плотность измеряли ареометром, при температуре 26°C, и была равна ($\rho = 1,023$ г/мл), далее измерили поверхностное натяжение добавки – «L.O. C.». Измерение поверхностного натяжения проводили в лаборатории экспериментальной физики, на приборе «Тензиометр DSA – 100», фирмы CRUS, методом висящей капли. Поверхностное натяжение измеряли также при температуре 26°C, и равно $\gamma = 27,5$ мН/м.

Объем ПАВ – «L.O. C.», необходимый для получения композита, рассчитали, учитывая приблизительную оптимальную для композита дозировку (1% – 2% от массы цемента). Для первых трех образцов рассчитали минимальную дозировку ПАВ 0,3%, 0,5%, 1%, что составляет от массы цемента (3 г, 5 г, 10 г). Далее, через плотность химической добавки ($\rho = 1,023$ г/мл) рассчитали объем ПАВ – «L.O. C.» (3,1 мл, 5,1 мл и 10,2 мл) и были изготовлены образцы композиционного материала с соответствующим количеством добавок.

Известны разнообразные способы введения химических добавок в бетонные смеси: с водой затворения, отдельно после затворения смеси водой, многостадийное затворение смеси и т.д. Пользовались первым приемом, свойственным для ввода пластифицирующих добавок, каковым является добавка «L.O. C.». Учитывая, что каждый способ ведения химических добавок влияет на свойства бетонной смеси по-разному, можно установить наиболее эффективный способ введения добавки в состав бетонной смеси и влияние на свойства бетона [8]. Технология изготовления бетона с химической добавкой, путем введения добавок с водой затворения, отличается от обычной тем, что вместо воды затворения готовится водный раствор добавки соответствующей концентрации.

При подготовке бетонной смеси с прибавлением жидкого модификатора желательнее придерживаться следующей последовательности:

1) Важно соблюдать пропорции компонентов в смеси для сохранения свойств бетонной смеси.

2) Необходимо обеспечить однородную консистенцию модифицирующих добавок, тщательно перемешав с водой (1 ч) электромешалкой.

3) Модификатор необходимо добавить в теплую воду (до 80°C), учитывая допустимую температуру модификатора для сохранения его свойств, и перемешивать полученный раствор до однородности.

4) Выдержать подготовленный состав на протяжении одного часа до введения.

5) Далее, полученный раствор химической добавки залить во вращающуюся емкость бетономешалки.

6) Добавить портландцемент, заполнитель и перемешивать (примерно 1 час), добавляя при необходимости воду, до однородного состояния.

Раствор рабочей концентрации предварительно разводится в емкости для приготовления композита и добавляют заблаговременно подготовленный: щебень – 2,7 кг, песок – 1,25 кг, цемент М300 – 0,95 кг, перемешивают не менее одного часа. В пересчете на

Таблица 1.

Состав бетонной смеси на 1 м³ бетона без добавок

Марка бетона по прочности	Содержание компонентов, кг/м ³			
	Вода	Цемент М400	Песок	Щебень
М300	220	380	700	1080

Таблица 2.

Состав бетонной смеси на 1 м³ бетона, химической добавкой ПАВ – Л. О. С

№ образца	Класс бетона	Содержание компонентов, кг/м ³				Количество добавки от массы цемента	
		Вода л	Цемент М400 кг	Песок кг	Щебень кг	%	мл
1	В20	220	380	700	1080	0,3	3,1
2						0,5	5,1
3						1	10,2

1 м³ бетонной смеси получается соотношение 1080/700/380/220 соответственно. Готовят три вида образцов с соответствующим количеством добавок: № 1-0,3%; № 2-0,5%; № 3-1%.

Приготовленную бетонную смесь разливают по квадратным формочкам, размером – 150 x150 x150 мм. Из каждого состава (образец № 1-0,3%, № 2-0,5% и № 3-1%) изготавливалось три серии образцов по 6 штук в каждой, для исследования их физико-механических свойств (удобоукладываемость и прочность). Образцы твердели в нормальных условиях: температура +24°C и относительная влажность воздуха в помещении 97%, сушили образцы и набирали прочность для дальнейших испытаний в течение 7, 14 и 28 суток.

Составы бетонной смеси на 1 м³ бетона, без добавки поверхностно-активного вещества

и с добавкой «Л. О. С.», представлены в таблицах 1 и 2.

Получены образцы композиционного материала, модифицированные с разрабатываемой добавкой ПАВ – Л. О. С., и проводится экспериментальное исследование физико-механических свойств изготовленных образцов бетона. Исследование эффективности разрабатываемых модифицирующих добавок, как и принято, начинаем с определения ожидаемого основного положительного эффекта (удобоукладываемость и прочность) и экспериментального установления оптимальной дозировки разрабатываемого чистящего средства – «Л. О. С.».

Полученные результаты экспериментальных испытаний бетона на удобоукладываемость положительные, так как осадка конуса

Таблица 3

Прочность бетона с добавками на сжатие

№ образца	Класс бетона	Количество добавки от массы цемента (%)		Прочность бетона (МПа)		
		%	мл	Возраст образца (сутки)		
				7	14	28
1	В 20	0,3	3,1	20,7	23,3	27,4
2		0,5	5,1	23,3	24,8	29
3		1	10,2	24,7	26	30,1

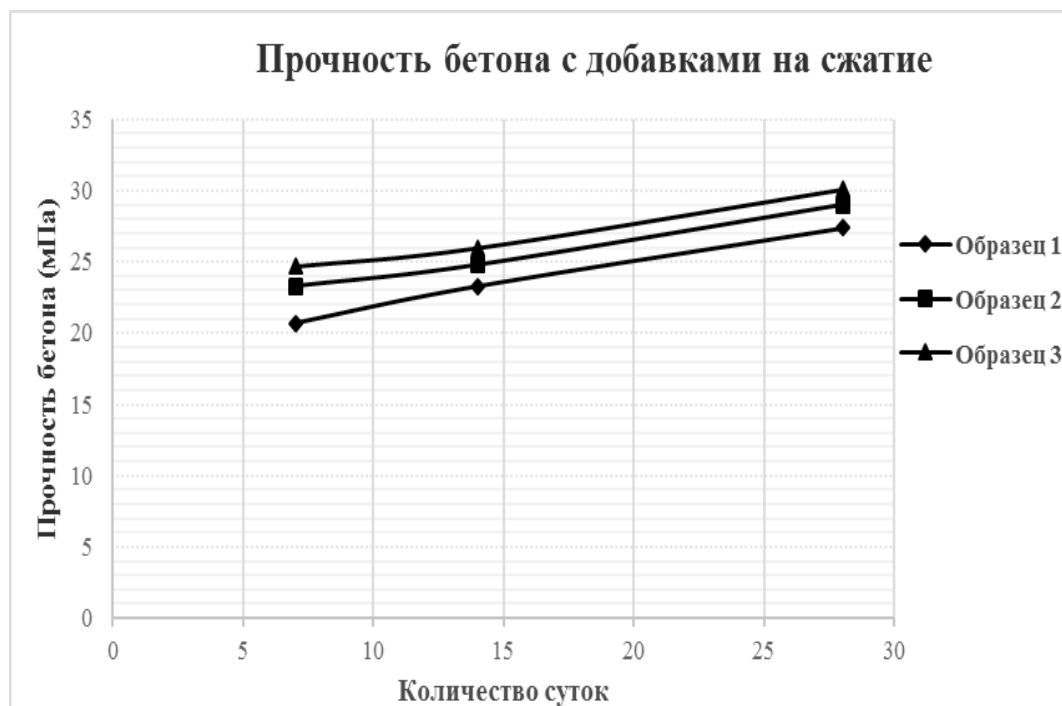


Рис. 1. Зависимость прочности бетона на сжатие от количества химических добавок – «Л. О. С.» (образец № 1-0,3%; № 2-0,5%; № 3-1%)

равномерная. Все три образца находятся в пределах 11-13 см осадки и соответствуют марке бетона по удобоукладываемости – ПЗ, как мы видим на рисунке 1 [5, 9-11].

Для установления эффективности разрабатываемых добавок для бетонной и растворной смесей были получены три образца бетона, с указанным количеством (%) химической добавки в каждом образце, состав которых показан в таблице 3. Каждый образец испытывали по три раза, согласно установленному возрасту образца, через 7, 14 и 28 суток. Результаты испытаний полученных образцов бетона с добавками на прочность представлены в таблице 3.

Зависимость набора прочности бетона на сжатие, согласно выдержанному возрасту образца (7, 14 и 28 суток) от количества (% от массы цемента) химической добавки – «Л. О. С.» в подготовленных образцах (№ 1-0,3%; № 2-0,5%; № 3-1%), графически можно представить следующим образом, рисунок 1.

Далее были изготовлены новые образцы бетона с различной дозировкой разрабатываемой химической добавки, для установления эффективности действия как модификатора и

определения оптимальной дозировки добавки – «Л. О. С.».

Несмотря на то, что имеются разные способы установления эффективности действия ПАВ на бетонные и растворные смеси, даже с учетом индивидуальных особенностей цемента [7, 16, 17], оптимальную дозировку для нашей химической добавки определяли путем многократных экспериментальных подборов. Учитывая тот факт, что для добавки «Л. О. С.» недостаточно теоретических и экспериментальных данных для прогнозирования, более того, установили ее оптимальную дозировку как пластификатора. Получены новые образцы композиционного материала, модифицированные с поверхностно-активными добавками «Л. О. С.», количеством 1%, 1,5%, 2% (от массы цемента) и продолжается исследование их механических свойств. Составы полученных образцов бетонной смеси на 1 м³ бетона (с добавкой ПАВ – «Л. О. С.») представлены в таблице 4.

Исследование эффективности разрабатываемой химической добавки и установление оптимальной дозировки химической добавки – «Л. О. С.» продолжили с определения ожидае-

Таблица 4

Состав бетонной смеси на 1 м³ бетона (с добавкой ПАВ – «Л. О. С.»)

№ образца	Класс бетона	Содержание компонентов, кг/м ³				Количество добавки от массы цемента	
		Вода л	Цемент М400 кг	Песок кг	Щебень кг	%	мл
1	В 20	220	380	700	1080	1	10,2
2						1,5	15,3
3						2	20,4

мого основного положительного эффекта – повышение прочности.

Для установления эффективности введенных добавок в состав бетонной смеси были вновь получены три образца бетона, с указанным количеством (%) химической добавки в каждом образце, состав которых представлен в таблице 5. Каждый образец бетона испытывали по три раза, согласно установленному возрасту образца, через 7, 14 и 28 суток. Результаты испытаний полученных контрольных образцов бетона с добавками (Б_д) и стандартных образцов бетона без добавок (Б_{ст}) на прочность (сжатие) представлены в таблице 5.

Результаты многократных экспериментальных испытаний образцов на прочность (сжатие) с добавками (1 %, 1,5 %, 2 %) показывают, что наиболее оптимальной дозировкой для полученных образцов бетона является 1 % добавки – «Л. О. С.». С увеличением дозировки от 1 % до 2 %, как мы видим по таблице 5, прочность бетона падает. При сравнительном анализе контрольных образцов бетона с 1 % добавкой «Л. О. С.». со стандартным образ-

цом прочность контрольных образцов бетона повышается на 28 %.

Многофункциональное чистящее средство – «Л. О. С.» ведет себя как комплексный пластификатор, оказывая пластифицирующе-водоредуцирующий эффект, повышая как пластичность, так и прочность бетона. Но это еще не все, основной компонент наших добавок лауретсульфат натрия как хороший пенообразователь может проявлять поризующий эффект, увеличивая тем самым водонепроницаемость. В описании основных характеристик чистящего средства – «Л. О. С.» подчеркивают антибактериальный эффект, что подтверждено клиническим исследованием, проведенным медицинским исследовательским центром РФ [12].

Из вышеперечисленного можно предположить, что чистящее средство – «Л. О. С.» обладает еще поризующим и биоцидным эффектами. Для установления полифункциональности действия, т. е. способности одновременно вызывать несколько эффектов разрабатываемой химической добавки, считаем целесообразным продолжить экспериментальные исследования в этом направлении.

Таблица 5

Прочность бетона на сжатие, с добавкой «Л. О. С.».

№ образца	Класс бетона	Количество добавки от массы цемента (%)		Прочность бетона (МПа)		
		%	мл	Возраст образца (сутки)		
				7	14	28
1	В 20	1	10,2	24,7	26	30,1
2		1,5	15,3	20,5	25	26,1
3		2	20,4	5,2	5,4	6,7
Б _{ст}		—	—	20,5	21,3	23,5

На основании проведенных экспериментальных испытаний полученных образцов можно сделать следующие выводы:

- Оптимальная дозировка разрабатываемой химической добавки – многофункционального чистящего средства «Л.О. С.», для бетонных и растворных смесей составляет 1%.
- Прочность образцов бетона с 1% химической добавкой – «Л.О. С.» повышается на 28% в сравнении с контрольными.

Таким образом, проведенные испытания показали эффективность разрабатываемой химической добавки для бетонных смесей. Многофункциональное чистящее средство –

«Л.О. С.» проявляет пластифицирующе-водоредуцирующий эффект. Полученные образцы композиционного материала с разрабатываемой добавкой – «Л.О. С.» имеют лучшие эксплуатационные характеристики. Предлагаемая химическая добавка – «Л.О. С.» при использовании оптимального количества действует как комплексная добавка, повышая не только пластичность, но и прочность. Основными достоинствами таких химических добавок являются их полифункциональность действия, экологичность и малые дозировки, которые гарантируют экономическую целесообразность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев А.М., Абдуллаев М. Высококачественный и высокоподвижный бетон с комплексными наноструктурными добавками // Успехи инженерных исследований. Междунар. Симп. на Инженер. и наук о Земле. (ISEES 2018). С. 228-31.
2. Аларханова З.З., Батаев Д. К-С. Модификаторы композиционных материалов на основе цемента // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА. Материалы Международной научно-практической конференции. Грозный: АЛЕФ, 2021. С. 77-82.
3. Аларханова З.З., Ибрагимов И.Б. Модификация строительных бетонов поверхностно-активным веществом «Л.О. С.» // Вестник КНИИ РАН. 2021. №4 (8). С. 65-69.
4. Баженов Ю.М., Батаев Д. К-С., Муртазаев С-А.У., Аларханова З.З., Гойтемиров Р.У., Мажиев Х.Н., Хасбулатова З.С., Батаева П.Д. Пути улучшения свойств высокопрочных строительных полимерных композитов. // Серия конференций ИОР: Материаловедение и инженерия, том 905, 3-й Международный симпозиум по инженерии и наукам о Земле (ISEES 2020). Грозный, 2020.
5. Беднягин С.В., Владимирова Е.Б., Комарова Н.П. Технология бетона: метод. указания к лабораторным работам. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 52 с.
6. Бексултанова А.А., Аларханова З.З., Хасбулатова З.С., Батаев Д. К-С. Поверхностно-активные вещества и их роль в производстве строительных материалов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Грозный: АН ЧР, КНИИ РАН, ЧГУ, ГГНИ, ЧГПИ, 2007. С. 138-141.
7. Ткачев Е.В., Дронов В.М. Оценка эффективности поверхностно-активных веществ в цементных системах // Строительство. Раздел 4.
8. Удодов С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. 2015. №9. С. 175-185.
9. ГОСТ Р 57809-2017/ EN 12350-2:2009. ИСПЫТАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ. Часть 2. М.: Стандартиформ, 2017.
10. ГОСТ 10181-2014. Смесей бетонные. Методы испытаний. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартиформ, 2015. 24 с.
11. Stroy-Invest52. ru URL: <https://stroy-invest52.ru/beton/deopolimernyi-beton.html> (дата обращения: 02.10.2021).
12. Amway/L.О. С.™ Многофункциональное чистящее средство. <https://www.100sp.ru/good/899006349> (дата обращения: 12.05.2022).
13. Эффективность добавок поверхностно-активных веществ. <http://www.arhplan.ru/materials/concrete/effectiveness-of-surfactant-additives> (дата обращения: 17.08.2022).

14. Добавки в бетон <http://stroivagon.ru> (дата обращения: 22.05.2022).
15. Химические добавки в бетон и раствор. <http://beton-cy47.ru/beton/himik-dobavki.html> (дата обращения: 12.07.2022).
16. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М.Ш., Нахаев М.Р. Возможные пути альтернативного решения проблем в цементной индустрии // Строительные материалы. 2020. № 1-2. С. 73-77. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-73-77>
17. Bataev D. K-S., Murtazayev S-A. Yu., Salamanova M.Sh., Viskhanov S.S. Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders // Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 457-460. <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914222>

INFLUENCE OF SURFACTANTS – “L. O. C.” ON THE PROPERTIES OF THE COMPOSITE CONCRETE BASED MATERIAL

© Z. Z. Alarkhanova, P. D. Bataeva, I. B. Ibragimov

Kh. Ibragimov Complex Institute of the RAS, Grozny, Russia

The paper considers the influence of the surfactant “L. O. C.” on the performance characteristics of a composite material based on concrete, in order to establish its effectiveness as a modifier. Samples of building concrete modified by the developed multifunctional cleaning agent – L. O. C. were made, samples were tested for workability and compressive strength of concrete, taking into account the age of the sample and the dosage of the multifunctional cleaning agent in it, % of the mass of cement. The results of the tests carried out showed that modified with a multifunctional cleaner – “L. O. C.” samples of composite material have the best operational characteristics. The optimal dosage of the developed chemical additive has been established. The main advantage of such chemical additives is their multifunctionality of action, environmental friendliness and small dosages, which guarantee economic feasibility.

Keywords: modification, composite material, multifunctional cleaner – “L. O. C.”, anionic and nonionic surfactants.

REFERENCES

1. Abdullaev, A. and Abdullaev, M. (2018) Vysokokachestvennyi i vysokopodvizhnyi beton s kompleksnymi nanostrukturnymi dobavkami. [High-quality and highly mobile concrete with complex nanostructural additives. Advances in engineering research]. International Symp. to Engineer. and earth sciences. (ISEES 2018), pp. 228-31.
2. Alarkhanova, Z. Z. and Bataev, D. K-S. (2021) ‘Modifikatory kompozitsionnykh materialov na osnove tsementa’. [Modifiers of composite materials based on cement]. Topical issues of modern science: theory, technology, methodology and practice. *Proceedings of the international scientific and practical conference*. Grozny: ALEF. P. 77-82.
3. Alarkhanova, Z. Z. and Ibragimov, I. B. (2021) ‘Modifikatsiya stroitel’nykh betonov poverkhnostno-aktivnym veshchestvom «L. O. C.»’. [Modification of building concrete with surface-active substance “L. O. C.”]. *Bulletin of KNII RAS*. No. 4 (8). pp. 65-69.

4. Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K-S., Murtazaev, S-A.U. Alarkhanova, Z.Z. Goitemirov, R. U. Mazhiev, Kh. N. Khasbulatova, Z. S. and Bataeva, P. D. (2020) 'Puti uluchsheniya svoystv vysokoprochnykh stroitel'nykh polimernykh kompozitov'. [Ways to improve the properties of high-strength building polymer composites]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 905, 3rd International Symposium on Engineering and Geosciences (ISEES 2020), Grozny.
5. Bednyagin, S. V., Vladimirova, E. B. and Komarova, N. P. (2017) Tekhnologiya betona: metod. ukazaniya k laboratornym rabotam. [Concrete technology: method. guidelines for laboratory work]. Yekaterinburg, Publishing House Ural. un-ta. P. 52.
6. Beksultanova A.A. Alarkhanova Z.Z., Khasbulatova Z.S. and Bataev D. K-S. (2007) 'Poverkhnostno-aktivnye veshchestva i ikh rol' v proizvodstve stroitel'nykh materialov. [Surfactants and their role in the production of building materials] '. *Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students*. Grozny: Academy of Sciences of the Chechen Republic, KNII RAS, ChGU, GGNI, ChGPI. P. 138-141.
7. Tkachev, E. V. and Dronov, V.M. Otsenka effektivnosti poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v tsementnykh sistemakh. [Evaluation of the effectiveness of surfactants in cement systems]. Construction. Section 4.
8. Udodov, S. A. (2015) 'Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu betonnoi smesi'. [Re-introduction of a plasticizer as a tool for controlling the mobility of a concrete mix]. *Collection of scientific works of the Kuban State Technological University*. No. 9. Pp. 175-185.
9. (2017) ISPYTANIYA BETONNOI SMESI. GOST R 57809-2017 / EN 12350-2:2009. [TESTING CONCRETE MIXTURE]. Part 2. Standartinform, Moscow.
10. (2015) Smesi betonnye. Metody ispytaniy. GOST 10181-2014. [Concrete mixes. Test methods. Introduction]. 2015-07-01. Standartinform, Moscow, p. 24.
11. Available at: Stroy-Invest52. ru URL: <https://stroy-invest52.ru/beton/deopolimernyi-beton.html> (date of access: 02.10.2021).
12. Amway / L. O. C.™ Multi Purpose Cleaner. Available at: <https://www.100sp.ru/good/899006349> (date of access: 05/12/2022).
13. Effektivnost' dobavok poverkhnostno-aktivnykh veshchestv. [Effectiveness of surfactant additives]. Available at: <http://www.arhplan.ru/materials/concrete/effectiveness-of-surfactant-additives>.
14. Dobavki v beton. [Additives in concrete]. <http://stroivagon.ru>
15. Khimicheskie dobavki v beton i rastvor. [Chemical additives in concrete and mortar]. Available at: <http://beton-cy47.ru/beton/himik-dobavki.html>
16. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Nakhaev, M. R. (2020) 'Vozmozhnye puti al'ternativnogo resheniya problem v tsementnoi industrii. [Possible alternative solutions to problems in the cement industry]. *Stroitel'nye materialy*. № 1-2. Pp. 73-77. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-73-77>
17. Bataev, D. K-S., Murtazayev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Viskhanov, S. S. (2019) 'Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. Pp. 457-460. Available at: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/isees-19/125914222>