

МОДИФИЦИРОВАНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ УГЛЕРОДОМ

Полонина Е.Н., Леонович С.Н., Коледа Е.А., Будревич Н.А.

Введение. Одним из актуальных направлений в современном материаловедении является возможность управления структурой материала на стадии его изготовления с использованием наносистем. Структурирование вяжущих матриц углеродными нанотрубками показало высокую эффективность модификации [1]. Кроме того, технология бетона подразумевает обязательное использование эффективных добавок, в том числе, добавок различной природы модифицированных углеродными наноструктурами с целью повышения их результативности [2]. Одним из факторов, повышающих характеристики цементного бетона, является структурная модификация гидросиликатов кальция относительно композиции и морфологии новообразований [3,4].

В представленной работе в качестве модификаторов структуры использовались: пластифицирующая добавка «АРТ-КОНКРИТ Р на основе наноструктурированного углерода, расширяющая сульфоалюминатная добавка и микрокремнезем конденсированный МКУ-85. Используемая пластифицирующая добавка позволила улучшить технологические свойства бетонной смеси, а также повысить водонепроницаемость, морозостойкость бетона и прочность на сжатие бетона по сравнению с образцом, не содержащую данную добавку.

Методика экспериментальных исследований. В таблице 1 приведены составы тяжелого бетона с применением пластифицирующей добавки «АРТ-КОНКРИТ Р». Были выбраны две марки по удобоукладываемости - П1 и Р6.

В исследуемых составах также варьировались следующие параметры:

- количество добавки (0,8% и 1,0% от массы цемента);
- расход цемента (485 кг/м³; 435 кг/м³).

Таблица 1 – Составы опытных образцов 1 - 6

№ Составы/ Наименование Составы		Показатель удобоукладываемости	Расход материалов, кг на 1 м ³ бетонной смеси						Вода, кг	
			Цемент, кг	Песок, кг	Щебень фр. 5-10 мм, кг	Добавка "АРТ-КОНКРИТ Р"		Расширяющая добавка РСАМ, кг		Микрокремнезем МКУ-85, кг
						%	кг			
1	Контрольный (бездобавочный, удобоукладываемость Р6)	Р6 (РК более 62 см)	485	800	825	-	-	40	45	320
2	Р 1% (с содержанием добавки в количестве 1% от массы цемента+РСАМ+МК)		485	800	825	1	5,7	40	45	190
3	Р *1%- Ц*10%(с содержанием добавки в количестве 1% от массы цемента +РСАМ+МК – 10% цемента)		435	800	825	1	5,7	40	45	190
4	Р 0,8% (с содержанием добавки в количестве 0,8% от массы цемента)		485	800	825	0,8	4,56	40	45	205
5	Контрольный 2 (бездобавочный, удобоукладываемость П1)	П1 (ОК=1-4 см)	485	800	825	-	-	40	45	200
6	Р 1% П1(с содержанием добавки в количестве 1% от массы цемента, удобоукладываемостью П1)		485	800	825	1	5,7	40	45	130

*В данной таблице буква «R» - пластифицирующая добавка «АРТ-КОНКРИТ Р», «Ц» - цемент.

Сравнительный анализ. Для Составов 1 - 4 кроме подвижности и сохраняемости удобоукладываемости, были исследованы следующие показатели:

- проходимость бетонной смеси с применением L-образного ящика;
- стойкость бетонной смеси к расслоению методом ситового анализа;
- вязкость бетонной смеси по времени, результаты которых представлены в таблице 2.

Для определения характеристик применялись стандартные методы испытания, изложенные в соответствующих нормативных документах.

Исследование влияния пластифицирующей добавки на технологические свойства и характеристики бетонных смесей позволили сделать следующие выводы:

1. Сохраняемость удобоукладываемости зависит от количества вводимой добавки «АРТ-КОНКРИТ Р», причем сохраняемость бетонной смеси в 120 мин обеспечивается при вводе добавки в количестве 0,8-1,0% от массы вяжущих (цемент +РСАМ+МК);

2. Введение добавки, позволяет снизить водоцементное отношение от 0,63 до 0,18, не ухудшая технологические свойства смеси;

3. Проходимость бетонной смеси при испытании в L- образном коробе соответствует требованиям по вязкости VS 2. стойкость бетонной смеси к расслоению – показателю SR1 при представленных количествах добавки «АРТ-КОНКРИТ Р».

С целью всестороннего изучения влияния пластифицирующей добавки «АРТ-КОНКРИТ Р» на свойства тяжелого бетона для Составов 1 – 6 была определена прочность на сжатие в возрасте 7 и 28 суток (таблица 3, рисунки 1,2).

Таблица 2 – Результаты испытаний бетонной смеси Составов 1 - 4

Показатели свойств бетонной смеси	Значение показателей			
	Контрольный	R 1 %	R 1% - Ц10%	R 0,8 %
Водоцементное отношение	0,66	0,18	0,43	0,21
Расход цемента, кг/ м ³	485	485	435	485
Подвижность бетонной смеси, ОК, см	63	64	65	62
Марка по удобоукладываемости	Р6			
Сохраняемость удобоукладываемости, ч	1	2	2	2
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	2220	2255	2005	2330
Вязкость бетонной смеси по времени Т500, сек	1,54	2,0	3,31	4,0
Проходимость бетонной смеси испытанием в L – образном коробе	0,64	0,89	0,98	0,2
Стойкость бетонной смеси к расслоению, %	10,4	8,0	7,54	2,0

Анализ кинетики набора прочности свидетельствует, что образцы Составов 1 - 6 в возрасте 28 суток соответствуют классу С 20/25. Для подвижных смесей Составы 1 - 4 (удобоукладываемость Р6) прочность при сжатии (f_c) в возрасте 28 суток составила: Д 1%=37,1 МПа; Д 1% Ц10%=35,5 МПа; Д 0,8%=50,5 МПа.

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов бетона Составов 1 – 6

№ Составы/ Наименование Составы	В/Ц	РК (ОК), см	Прочность на сжатие, f_c , МПа		
			7 суток	28 суток	
1	Контрольный	0,66	63	19,9	33,1
2	R 1%	0,39	64	24,4	37,1
3	R 1%- Ц10%	0,43	65	23,8	35,5
4	R 0,8%	0,42	62	31,1	50,5
5	Контрольный 2	0,41	3	35,6	65,5
6	R 1% П1	0,27	4	52,7	82,4

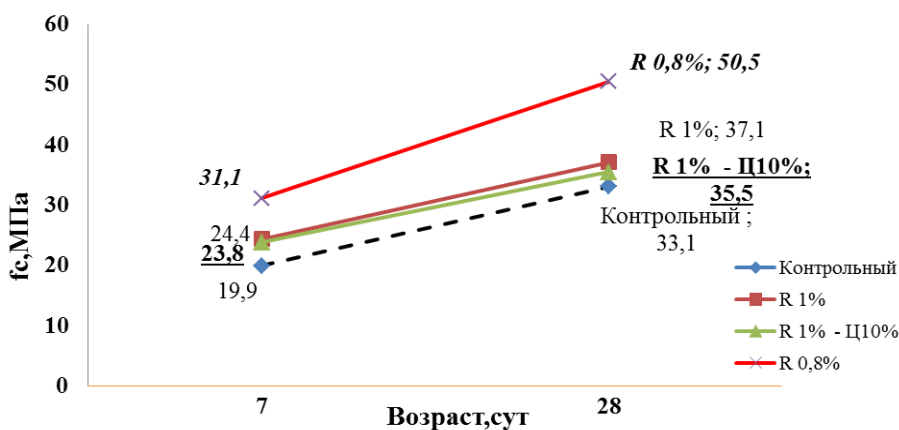


Рисунок 1– Кинетика набора прочности бетона Составов 1 – 4

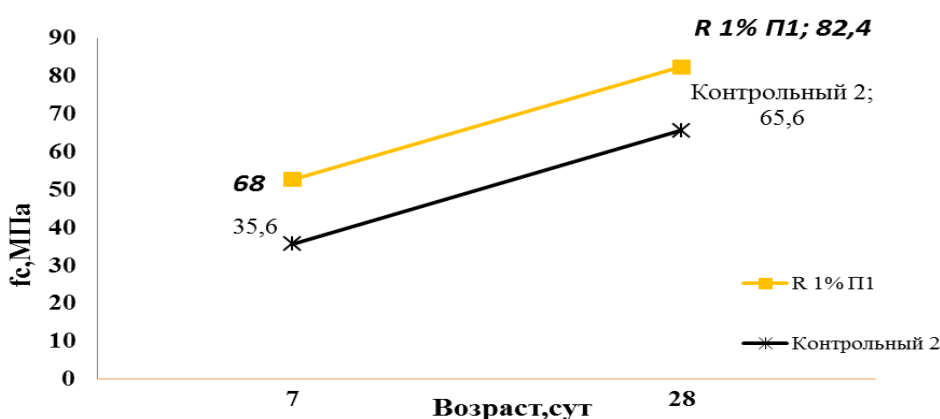


Рисунок 2 – Кинетика набора прочности бетона Составов 5 – 6

Нужно отметить, что при вводе 0,8% добавки «АРТ-КОНКРИТ Р» от массы вяжущих прочность бетона возросла на 52% по сравнению с контрольным образцом.

Для жестких смесей Составов 5 и 6 (удобоукладываемость П1) модифицирование пластифицирующей добавкой «АРТ-КОНКРИТ Р» позволило достичь прочности на сжатие в возрасте 28 суток – 82,4МПа, что соответствует прочности бетона на сжатие класса С 50/60, что выше прочности контрольного образца на 25%.

На основании результатов технологических свойств бетонной смеси для Состава 4 были изготовлены образцы бетона для следующих видов испытаний:

- определения прочности бетона на осевое растяжение в возрасте 28 суток f_{ct} ;
- определения марки по морозостойкости F ;
- определения марки по водонепроницаемости W ;
- определения водопоглощения по массе W_m .

Определение прочности на осевое растяжение

Для определения прочности на осевое растяжение бетонных образцов, модифицированных добавкой «АРТ-КОНКРИТ Р» были изготовлены образцы призмы квадратного сечения размерами 70x70x280мм. По результатам испытаний прочность бетона на осевое значение в серии образцов составила 2,12 МПа.

Определение морозостойкости

Для определения марки по морозостойкости, был использован ускоренный метод определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании в растворе соли по ГОСТ 10060.2-95. По итогам испытаний можно сделать вывод, что марка по морозостойкости соответствует $F 100$, причем потеря прочности составляет 3,6% при нормированной потере прочности в 5%.

Определение водонепроницаемости

Водонепроницаемость бетонных образцов определялась на цилиндрах диаметром 150мм и высотой 150мм. Для определения марки по водонепроницаемости использовался прямой метод при помощи установки для определения водонепроницаемости УВБ-МГ4. После проведения испытания прямым методом, выяснилось, что образцы Состава 4 соответствуют марке по водонепроницаемости W6.

Заключение. Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что введение добавки на основе наноструктурированного углерода способствует увеличению прочностных показателей. Прочность самоуплотняющегося бетона с использованием пластифицирующей добавки лежит в пределах 35,5- 50,5 МПа после 28 суток нормального твердения, что превышает прочность бетона без добавки до 52% при удобоукладываемости P6 и на 25% для смесей с удобоукладываемостью П1. Установлен оптимальный процент ввода добавки для исследуемого состава, который обеспечивает необходимые технологические свойства бетонной смеси и физико - механические характеристики бетона - 0,8%.

Таким образом, получение модифицированной самоуплотняющейся бетонной смеси за счет применения пластифицирующей добавки на основе наноструктурированного углерода «АРТ-КОНКРИТ Р», способствует повышению однородности структуры, снижению количества дефектов и увеличению прочностных характеристик бетона.

Список источников

1. Хрусталев Б. М., Леонович С. Н., Якимович Б. А., Яковлев Г. И., Первушин Г. Н., Полянских И. С., Пудов И. А., Хазеев Д. Р., Шайбадуллина А. В., Гордина А. Ф., А.Э.М.М. Али, Я. Керене Дисперсии многослойных углеродных нанотрубок в строительном материаловедении. *Наука и техника*. 2014. № 1. С. 44 - 52.
2. Аубакирова И. У., Летенко Д. Г., Никитин В. А., Пухаренко Ю. В., Староверов В. Д. Смешанный наноуглеродный материал в цементных композитах. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2010. № 10. С. 16-17.
3. Леонович С. Н., Карпова Е. А., Лахайн О., Полянских И. С., Пудов, И. А., Скрипкинас Г., Хрусталев Б. М., Эберхардштайнер Й., Яковлев Г. И. Структурная модификация новообразований в цементной матрице с использованием дисперсии углеродных нанотрубок и нанокремнезема. *Наука и техника*. 2017. Т.16. № 2. С.94-103.
4. Леонович С.Н., Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Пудов И.А., Джозеф Эберхардштайнер, Олаф Лахайн, А.Э.М.М. Эльрефаи Влияние многослойных углеродных нанотрубок на модуль упругости и микротвердость цементной матрицы, *Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение. Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции*. Якутск, 2014. С. 387- 393.
5. Жданок С. А., Крауклис А. В., Самцов П. П., Волжанкин В. М. *Установка для получения углеродных наноматериалов*. Патент 2839 РБ, МПК В82В 3/00 /; Опубл. 30.06.2006.
6. Жданок С. А. [и др.] Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы. *Вестник БНТУ*. 2009. № 3. С. 5–22.
7. Zhdanok S. [and etc] Study of the influence of nano-size additives on the mechanical behaviour of cement stone. *Наука и техника*. 2009. № 1. С. 52-55.
8. Zhdanok S. A., Solntsev A. P., Krauklis A. V. *Method of obtaining of carbon nanomaterial*. Patent 10010 RB, МПК SO1B31/00, Published 31.03.2005.