

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА: ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО УГЛЕРОДА

Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович, Е.А. Коледа, Н.А. Будревич
Белорусский национальный технический университет, Минск
email: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru, elena_koleda@bk.ru,
nellibudrevich@yandex.by

В самоуплотняющихся бетонных смесях для обеспечения технологических свойств бетонной смеси и физико-механических характеристик бетона, необходимо использовать модифицирующие добавки. Пластифицирующая добавка на основе наноструктурированного углерода, влияя на структуру применяемого вяжущего, позволила создать бетон с исключительными свойствами. Введение пластифицирующей добавки, обеспечивает высокую сохраняемость бетонной смеси, что дает возможность использования ее в монолитном строительстве и при продолжительном транспортировании бетонной смеси. Добавка приводит к снижению водоцементного отношения до 0,2, обеспечивая хорошую удобоукладываемость смеси, что в свою очередь, гарантирует высокую скорость твердения и значительное повышение прочности бетона.

Ключевые слова: пластифицирующая добавка, самоуплотняющаяся бетонная смесь, распыл, проходимость, стойкость, вязкость, прочностные характеристики.

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SELF-COMPLETED CONCRETE: INFLUENCE OF THE ADDITIVE OF NANOSTRUCTURED CARBON

E. Polonina, S. Leonovich, E. Koleda, N. Budrevich
Belarusian National Technical University, Minsk
email: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru, elena_koleda@bk.ru,
nellibudrevich@yandex.by

In self-compacting concrete mixtures, to ensure the technological properties of the concrete mixture and the physical and mechanical characteristics of concrete, it is necessary to use modifying additives. A plasticizing additive based on nanostructured carbon, influencing the structure of the binder used, made it possible to create a concrete with exceptional properties. The introduction of a plasticizing additive ensures high preservation of the concrete mix, which makes it possible to use it in monolithic construction and during the continuous transportation of a concrete mixture. The additive reduces the water-cement ratio to 0.2, ensuring a good workability of the mixture, which in turn guarantees a high rate of hardening and a significant increase in the strength of the concrete.

Keywords: plasticizing additive, self-compacting concrete mix, spreading, patency, durability, viscosity, strength characteristics.

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

Номер состава/ Наименование состава		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 це- мента+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 до- бавки в количестве 0,8% от массы цемента)		485	800	825	0,8	4,56	40	45	205
5	Контрольный (бездобавочный, удобоукладываемость П1)	П1 (ОК=1-4 см)	485	800	825	-	-	40	45	200
6	Р 1% П1 (с содержанием до- бавки в количестве 1% от мас- сы цемента, удобоукладывае- мостью П1)		485	800	825	1	5,7	40	45	130

*В данной таблице буква «Р» – 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.

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	P6			
Сохраняемость удобоукладываемости, ч	1	2	2	2
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	2220	2255	2005	2330
Вязкость бетонной смеси по времени T500, с	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

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 (табл. 3, рис. 1,2).

Таблица 3. – Результаты испытаний образцов бетона составов 1–6

Номер состава/ Наименование состава		В/Ц	РК (ОК), см	Прочность на сжатие, фс, 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

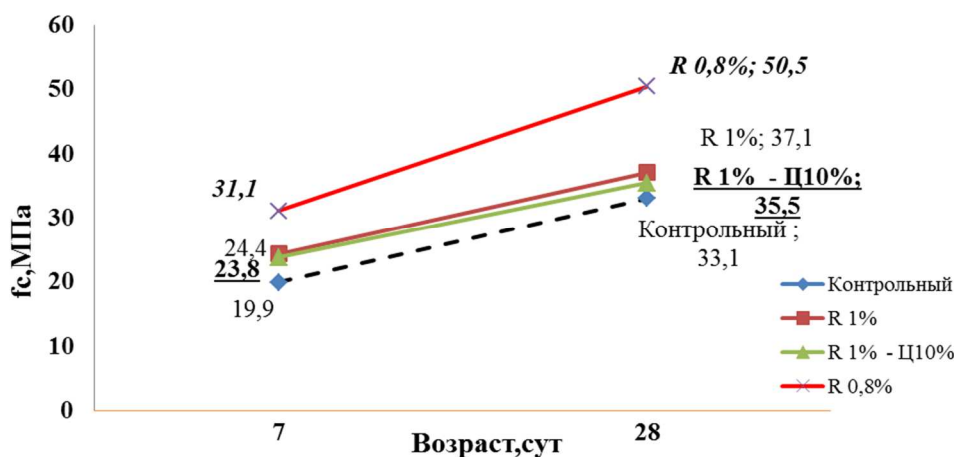


Рисунок 1. – Кинетика набора прочности бетона составов 1–4

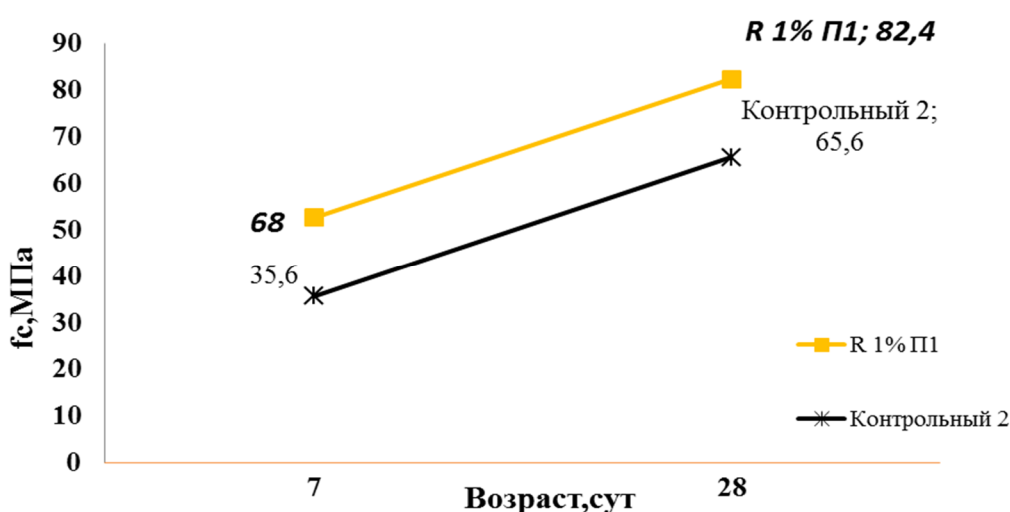


Рисунок 2. – Кинетика набора прочности бетона составов 5–6

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.

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 Р6 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дисперсии многослойных углеродных нанотрубок в строительном материаловедении / Б.М. Хрусталев [и др.] // Наука и техника. – 2014. – № 1. – С. 44–52.
2. Смешанный наноуглеродный материал в цементных композитах / И.У. Аубакирова [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2010. – № 10. – С. 16–17.
3. Структурная модификация новообразований в цементной матрице с использованием дисперсии углеродных нанотрубок и нанокремнезема / С.Н. Леонович [и др.] // Наука и техника. – 2017. – Т. 16. – № 2. – С. 94–103.
4. Влияние многослойных углеродных нанотрубок на модуль упругости и микротвердость цементной матрицы / С.Н. Леонович [и др.] // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение : сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. – Якутск, 2014. – С. 387–393.
5. Установка для получения углеродных наноматериалов : МПК В82В 3/00 / С.А. Жданок [и др.] ; дата публ.: 30.06.2006.
6. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы / С.А. Жданок [и др.] // Вестник БНТУ. – 2009. – № 3. – С. 5–22.
7. Study of the influence of nano-size additives on the mechanical behaviour of cement stone / S. Zhdanok [and etc.] // Наука и техника. – 2009. – № 1. – С. 52–55.
8. Zhdanok, S.A. Method of obtaining of carbon nanomaterial : МПК SO1B31/00 / S.A. Zhdanok, A.P. Solntsev, A.V. Krauklis ; published 31.03.2005.