

**ПРОЧНОСТЬ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА  
С ВВЕДЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ  
ДОБАВОК И НАНОМАТЕРИАЛА**

**Щелоковская А.П.**

**Научный руководитель Барковская С.В.**

*Тульский государственный университет*

*В работе рассматривается вопрос повышения прочности мелкозернистого бетона по средствам введения в его состав поверхностно-активных добавок и углеродных нанотрубок.*

Мелкозернистый бетон – материал, который при правильном изготовлении показывает высокие прочностные показатели, водонепроницаемость и морозостойкость, помимо этого, мелкозернистый бетон удобен при бетонировании густоармированных конструкций. Его можно использовать для дорожных покрытий в районах, где нет хорошего щебня, для труб и гидротехнических сооружений [1].

В данной статье рассматриваются способы увеличения прочности на сжатие и растяжение при изгибе мелкозернистого бетона, применяя ПАВ, что позволяет уменьшить расход цемента, снизив материальные затраты на производство, а также в подобранные составы вводились углеродные нанотрубки, с целью получения более высоких прочностных характеристик.

Для получения необходимых свойств бетона, а также экономии цемента, применяют различные добавки: химические (вводятся в бетон в небольшом количестве – 0,1...2 % от массы цемента) и тонкомолотые (для получения плотного бетона при снижении расхода цемента, повышении стойкости бетона – 5...20 %) [1].

В качестве исходных материалов при проектировании составов мелкозернистого бетона были использован ряд добавок завода ООО «ПолипластХИМ», портландцемент цемент ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, соответствующий ГОСТ 31108-2016. Изготовитель ООО «ХайдельбергЦемент Рус», песок средний I класса, вода.

Добавка «Полипласт СП-1» является нафталинформальдегидным суперпластификатором для бетонов и строительных растворов. Универсальная добавка, применяемая при производстве товарного бетона, сборных и монолитных железобетонных конструкций из тяжелого, легкого и ячеистого бетона [3].

При определении эффективности влияния добавки «Полипласт СП-1» выбран рабочий интервал введения добавки 0,9-1,1 % от массы цемента, концентрация раствора добавки 33 %.

Добавка «ПФМ-НЛК» – это полифункциональная воздухововлекающая добавка-суперпластификатор на основе смеси натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы с добавлением воздухововлекающего и гидрофобизирующего компонента [3]. Для добавки «ПФМ-НЛК» выбран интервал введения добавки 0,7 – 0,9 % от массы цемента, концентрация раствора добавки 35%.

Добавка «Реламикс тип 2» – ускоритель набора прочности и суперпластификатор на основе смеси нафталинсульфонатов и органического ускорителя. Был выбран интервал введения добавки 1,8 – 2,0 % от массы цемента, концентрация раствора добавки – 30 %.

Для лучшего растворения сухие добавки затворялись теплой водой и эффективно перемешивались. После этого вводились вместе с водой затворения в цементно-песчаную смесь и перемешивались до однородного состояния смеси. С возрастающим количеством введенной добавки количество воды снижалось (таблица 1). Испытания свойств мелкозернистого бетона с ПАВ проводили на образцах-балочках размером 4×4×16см. Все замесы производились с одинаковой подвижностью, рекомендуемой для мелкозернистых бетонов [1].

Таблица 1 – Изменение количества воды при введение добавок

Наименование добавки	Количество добавки от массы цемента, %	Количество воды для достижения требуемого распыла, мл	Количество введенной добавки, мл
Полипласт СП-1	0,9	202	13,43
	1,1	190	16,12
ПФМ-НЛК	0,7	205	8,77
	0,9	200	11,28
Реламикс тип 2	1,8	180	28,74
	2,0	175	34,79

Сравнение полученных результатов производилось с контрольными образцами без введения добавки, при необходимом количестве воды затворения для обеспечения заданной подвижности  $V = 250$  мл. Результаты сравнения показателей свойств рассматриваемых мелкозернистых бетонов с введением добавок по отношению к бездобавочным составам приведены в таблице 2.

Для проведения экспериментов с целью получения более высоких прочностных показателей был выбран оптимальный состав с добавкой Полипласт СП-1, на основе которого и проводили исследование влияния углеродных нанотрубок на свойства мелкозернистого бетона.

Таблица 2 – Влияние применяемых добавок на мелкозернистый бетон

Наименование добавки	Прирост показателя по сравнению с составом мелкозернистого бетона без использования добавки, %, после 28 суток н.у. твердения / после ТВО			
	Количество добавки от массы цемента, %	средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	предел прочности при изгибе, МПа	предел прочности при сжатии, МПа
Контрольный состав без добавок	0	2230	6,38/7,29	37,33/40,53
Реламикс Тип 2	2,0	2290	6,91/6,63	40,2 / 42,3
ПФМ – НПК	0,9	2250	5,86 / 8,32	31,7 / 39,14
Полипласт СП – 1 (С – 3)	1,1	2260	6,98 / 7,4	40,5 / 52,2

Используемый углеродный материал получают холодной деформацией слоистых углеродных соединений состоящий из графенов и обладающий высокой активностью к прессованию. Этот материал получил название «Углеродная смесь высокой реакционной способности» или наноструктурный углеродный комплекс, сокращенно УСВР или НСУК. Применяемая в работе углеродная смесь инертна, обладает высокой реакционной способностью, экологически чистая, устойчива к воздействию агрессивных сред. Свойства используемой НСУК: насыпная

плотность смеси -  $0,01 \text{ г/см}^3$ , содержание углерода – не менее 99,4%, удельная поверхность –  $2000 \text{ м}^2$  на 1 г.

НСУК используется в области строительных материалов для улучшения процесса структурообразования строительных композитов и для повышения прочностных и деформативных свойств, путем введения в их состав. Наноструктуры, содержащие в применяемом НСУК представляют собой графены и нанотрубки, где графены – один атомарный углеродный слой, углеродные нанотрубки – полые трубки из одного или нескольких слоев атомов углерода, они имеют диаметр от 1 до нескольких нанометров и длину от нескольких диаметров до нескольких микрометров, таким образом, они, по сути, являются полыми волокнами [2].

Влияние наноструктурного углеродного комплекса на свойства мелкозернистого бетона анализировалось на образцах балочках размером  $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$ , изготовленных бетонной смеси мелкозернистого бетона с добавкой пластификатора Полипласт СП-1 в количестве 1,1 % от массы цемента. Количество вводимого наноструктурированного углеродного комплекса 0,001; 0,002; 0,004; 0,006 % от массы цемента. Результаты проведенных исследований приведены в таблице 3 и рисунке 1.

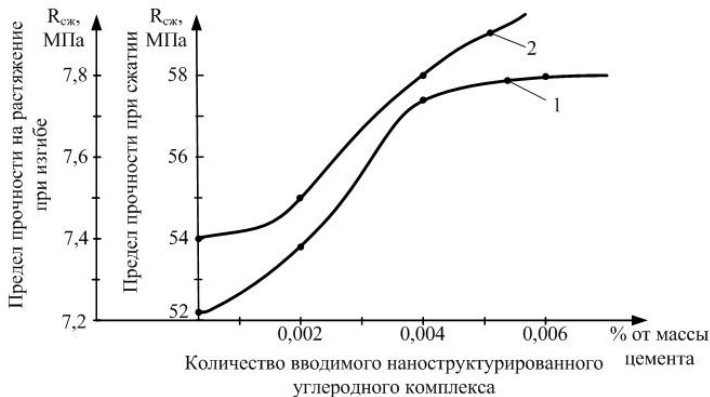


Рис. 1 – Влияние введение наноструктурированного углеродного комплекса на прочностные свойства мелкозернистого бетон:

1 – предель прочности при сжатии;

2 – предель прочности на растяжение при изгибе

В результате проведенных испытаний наибольший прирост показателя прочности при сжатии дает введение добавки Полипласт СП-1 в состав мелкозернистого бетона, однако прирост значения прочности на растяжение при изгибе данная добавка показала меньше, чем другие из рассматриваемых. Также снизилось количество воды затворения, снизилось время вибрирования бетона в 3 – 5 раза по сравнению с контрольным составом.

Таблица 3 – Влияние содержания НСУК на свойства мелкозернистого бетона с добавкой Полипласт СП-1

Наименование показателя	Ед. изм.	Количество вводимых нанотрубок, по массе цемента			
		0	0,002	0,004	0,006
Средняя плотность бетона	кг/м <sup>3</sup>	2260	2280	2310	2316
Предел прочности при сжатии	МПа	52,2	53,8	57,4	58,0
Предел прочности при изгибе	МПа	7,4	7,5	7,8	7,9

Использование наноструктурного углеродного комплекса в составе мелкозернистого бетона показало, что наибольший прирост прочности происходит при введении НСУК в количестве 0,004 и 0,006%: в первом случае прочность при сжатии увеличилась 10%, прочность на растяжение при изгибе на 5% по сравнению с контрольным составом; во втором случае прочность при сжатии возросла 11%, прочность при изгибе 6% по сравнению с контрольным составом.

### Библиографический список

1. Баженов Ю.М. *Технология и свойства мелкозернистых бетонов: учеб.пособие* // Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, Р.Б. Ергешев. – Алматы: КазГосИНТИ, 2000. – 195с.
2. Петрик В.И., В.В. Минаев, В.К. Неволин. *Нанотрубки из углеродной смеси высокой реакционной способности* // *Микро-системная техника*. – 2002. – №1. – С.41 – 42
3. *Полипласт: [Электронный ресурс]*. 2005 – 2018. URL: <http://www.polyplast-un.ru/>. (Дата обращения: 12.05.2019).