

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Полонина Е. Н., Леонович С. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, poloninaen@gmail.com

В строительстве, при применении комплексных добавок, в состав которых входят суперпластификаторы, появляются вопросы по получению высокотехнологичных бетонных смесей и бетонов высокой прочности и долговечности.

В последнее десятилетие в производстве бетонов широко используются наночастицы, нанотрубки и нановолокна, которые повышают эффективность суперпластификаторов. Данные нанотехнологии позволяют получать прочность пластифицированных цементных систем до 80% выше в зависимости от расхода цемента за счет снижения водосодержания и образования гидратных фаз в процессе взаимодействия нанодобавок с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Целью исследования является оценка влияния комплексных нанодобавок, в состав которых входит суперпластификатор, на прочность бетонных образцов при сжатии.

В исследованиях использовались:

- портландцемент ЦЕМ I 42.5Н ОАО «Красносельскстройматериалы»;
- карьерный песок месторождения Минского района с модулем крупности  $M_{кр} = 3.8$ , истинной плотностью  $\rho = 2572 \text{ кг/м}^3$ , насыпной плотностью  $\rho = 1540 \text{ кг/м}^3$ ;
- щебень фракции 5-20 мм, насыпной плотностью  $\rho = 1460 \text{ кг/м}^3$ ;
- многослойные углеродные нанотрубки (рис.1а), полученные в плазме высоковольтного разряда атмосферного давления при оптимальном составе газовой смеси  $\text{CH}_4$ : воздух = 1: (2.4–2.5) с последующей химической обработкой с массовой долей сухого остатка не менее 37%,  $\text{pH} = 7.0$ ,  $\rho = 1.1 \text{ г/см}^3$ ;
- золь нанокремнезема (рис.1б), полученный из гидротермальных теплоносителей, с характеристиками водородного показателя  $\text{pH} = 9.2$ , плотностью  $\rho = 1075 \text{ г/дм}^3$ , содержание твердых частиц нанокремнезема  $\text{SiO}_2 = 120 \text{ г/дм}^3$ , общее солесодержание равно  $1720 \text{ мг/дм}^3$ ;
- пластифицирующая добавка на поликарбоксилатной основе.



Рисунок 1 - Модифицирующие наноматериалы: а) многослойные углеродные нанотрубки, б) золь нанокремнезема

Прочность на сжатие определялась на бетонных образцах-кубиках размерами  $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$  на составах при соотношении компонентов Ц: П: Щ равное 1:2.62:2.82. Количество вводимой добавки во всех случаях составляло 0.8% от массы цемента.

Способ приготовления используемой добавки заключается в диспергации суперпластификатора и наноматериала (нанокремнезема или наноуглерода) в смесителе в течение нескольких минут.

Для определения влияния добавки на прочностные характеристики бетона, ее предварительно смешивали с водой затворения, равномерно распределяя по всему объему, после чего воду вводили в бетонную смесь. Смесью заполняли гнезда формы-куба (100x100мм), которую устанавливали на вибронном столе и уплотняли. После изготовления образцы расформовывали и хранили в ваннах с водой до достижения определенного возраста. Испытания образцов на прочность при сжатии проводили на 1-е, 7-е, 14-е и 28-е сутки.

Для выявления лучшего результата была изготовлена 5 серий из трех образцов, отличающаяся видом добавки: Контроль – контрольный образец без добавки; СП – образец, содержащий добавку суперпластификатора; СП+НК – образец, содержащий добавку суперпластификатора и золя нанокремнезема; СП+МУНТ – образец, содержащий добавку суперпластификатора и МУНТ; СП+НК+МУНТ – образец, содержащий комплексную добавку, состоящую из МУНТ, золя нанокремнезема и суперпластификатора.

Результаты испытаний представлены на рисунке 2.

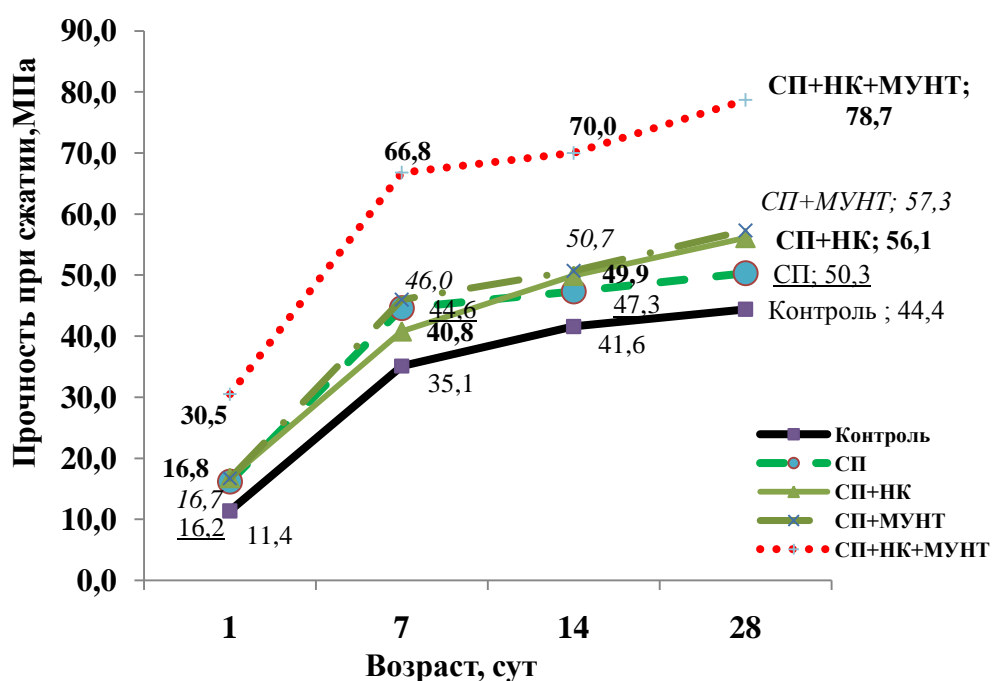


Рисунок 2 - Прочность бетонных образцов на сжатие

Анализируя полученные результаты можно сделать выводы:

Бетон, содержащий модифицирующий компонент (многослойные углеродные нанотрубки или золя нанокремнезема) совместно с суперпластификатором повышает прочностные характеристики до 30% по сравнению с контрольным образцом во все периоды твердения. Дополнительно обеспечивается снижение воды и повышается долговечность бетона.

При использовании комплексной нанодисперсной системы проявляется эффект, обеспечивающий получение прочной и плотной минеральной матрицы, что подтверждается увеличением прочности до 78,7МПа. Следовательно, происходит заполнение пустот не только между частицами цемента, но и еще более крупными частицами песка.

Библиографический список

1. Баженов Ю. М. Использование наносистем в строительном материаловедении // Вопросы применения нанотехнологий в строительстве: сб. докл. участников круглого стола. М.: МГСУ, 2009. - С. 4–8.
2. Гритель Г. Б., Глазкова С. В. Перспективы наноструктурированного бетона в строительстве // Бетон и железобетон. - 2011. - № 6. - С. 40–44.
3. Пудов И. А., Пислегина А. В., Лушникова А. А., Первушин Г. Н., Яковлев Г. И., Хасанов О. Л., Тулаганов А. А. Проблемы диспергации углеродных нанотрубок при модификации цементных бетонов // Сб. тр. II междунар. конф. «Нанотехнологии для экологичного и долговечного строительства». Ижевск. 2010. - С. 34–38.
4. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р., Булгаков Б.И. Наноматериалы и нанотехнологии в современной технологии бетонов // Вестник МГСу. – 2012. – №. 12
5. Жданок С.А., Хрусталева Б.М., Батяновский Э.И., Леонович С.Н. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы. Вестн. БНТУ. - 2009. - № 3. - С. 5–22.
6. Потапов В. В., Горев Д. С. Физико-химические характеристики нанокремнезема (золь, нанопорошок) и микрокремнезема. Фундаментальные исследования. - 2018. - №. 6. -С. 23-29.
7. Камалова З. А., Рахимов Р. З., Ермилова Е. Ю., Стоянов О. В. Суперпластификаторы в технологии изготовления тяжелого бетона // Вестник Казанского технологич. ун-та. - 2013. – Т. 16, № 8. - С. 148–152.
8. Вовк А. И. О некоторых особенностях применения гиперпластификаторов // БСГ. Строительная газета. - 2008. - № 10. - С. 5.