PolotskSU



УДК 624.012.4

# КОМПЛЕКСНАЯ НАНОДИСПЕРСТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

*Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович*
Белорусский национальный технический университет, Минск
e-mail: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru

*Внедрение новых технологий, отвечающих требованиям экологической безопасности и ресурсосбережения, позволит модернизировать производство монолитных работ в Республике Беларусь, что является одной из актуальных задач современного строительства. Снижения затрат в строительстве можно решить путем совершенствования бетонных смесей при монолитном бетонировании. В данной статье представлены результаты исследования двух видов наноматериалов, входящих в состав комплексной системы. Выявлен прирост прочности на сжатие в сравнении с добавкой, содержащий только один нанокомпонент при одинаковом расходе компонентов бетонной смеси. В результате проведенных испытаний установлены оптимальная дозировка нанокомпонентов в добавке и оценены физико-механические свойства получаемого бетона.*

***Ключевые слова:*** *водный золь нанокремнезема, углеродные нанотрубки, суперпластификатор, тяжелый бетон, прочность.*

# INTEGRATED NANODISPERSION SYSTEM FOR MODIFICATION OF HEAVY CONCRETE

*E. Polonina, S. Leonovich*
Belarusian National Technical University, Minsk
e-mail: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru

*The introduction of new technologies that meet the requirements of environmental safety and resource conservation will make it possible to modernize the production of monolithic works in the Republic of Belarus, which is one of the urgent tasks of modern construction. Cost reduction in construction can be solved by improving concrete mixtures with monolithic concreting. This article presents the results of a study of two types of nanomaterials that make up the complex system. An increase in compressive strength was revealed in comparison with an additive containing only one nanocomponent at the same consumption of concrete mix components. As a result of the tests, the optimal dosage of nanocomponents in the additive was established and the physicomechanical properties of the resulting concrete were evaluated.*

***Keywords:*** *water sol of nanosilica, carbon nanotubes, super-plasticizer, heavy concrete, strength.*

PolotskSU



Минеральные вяжущие вещества, используемые для производства тяжелого бетона, несмотря на свои преимущества, обладают рядом недостатков и требуют введения модифицирующих добавок. Эффективность применения пластифицирующих добавок в бетонных смесях доказана временем и опытом. Однако вопросы по уплотнению структуры и заполнению пустот между частицами цемента на данный момент остаются открытыми. Имея весьма большие значения удельной поверхности, наноразмерные частицы способны влиять на физико-механические характеристики нового материала. Из анализа литературы видно, что наноматериалы, такие как углеродные нанотрубки и нанокремнезем, первоначально использовались только как средство для увеличения прочностных характеристик модифицированного бетона. Чуть позже стало известно, что использование данных наноматериалов совместно с пластифицирующими добавками обеспечивают эффективное снижение воды и повышение долговечности (морозостойкости) созданного бетона [1-4].

Гипотезой исследования является то, что совместное действие компонентов нанодисперстной системы, состоящей из нанокремнезема, многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) и суперпластификатора существенно превзойдёт результат влияния каждого отдельного нанокомпонента добавки.

В исследованиях использовались:

– портландцемент ЦЕМ I 42.5Н по ГОСТ 31108 ОАО «Красносельскстройматериалы";

– мелкий заполнитель - карьерный песок;

– крупный заполнитель - щебень фракции 5-20 мм;

– водный золь нанокремнезема $SiO_2$ (NS), полученный из гидротермальных теплоносителей [5];

– углеродные нанотрубки (MLCNT) [6,7];

– суперпластификатор из серии высокоэффективных по водоредуцирующей способности поликарбоксилатов в виде водного раствора (SP).

С целью изучения влияния наноматериалов на основные свойства тяжелого бетона были изготовлены добавки и проведены серии лабораторных исследований. Количество вводимой добавки во всех исследуемых составах составляла 0.8% от массы цемента. Для испытаний прочности на сжатие испытывались образцы-кубики размером 100×100×100 мм.

Для определения влияния водного золя нанокремнезема на прочностные характеристики бетона, его предварительно смешивали с водой затворения, равномерно распределяя по всему объему, после чего воду вводили в бетонную смесь. Смесью заполняли гнезда формы-куба, которую устанавливали на вибрационном 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.

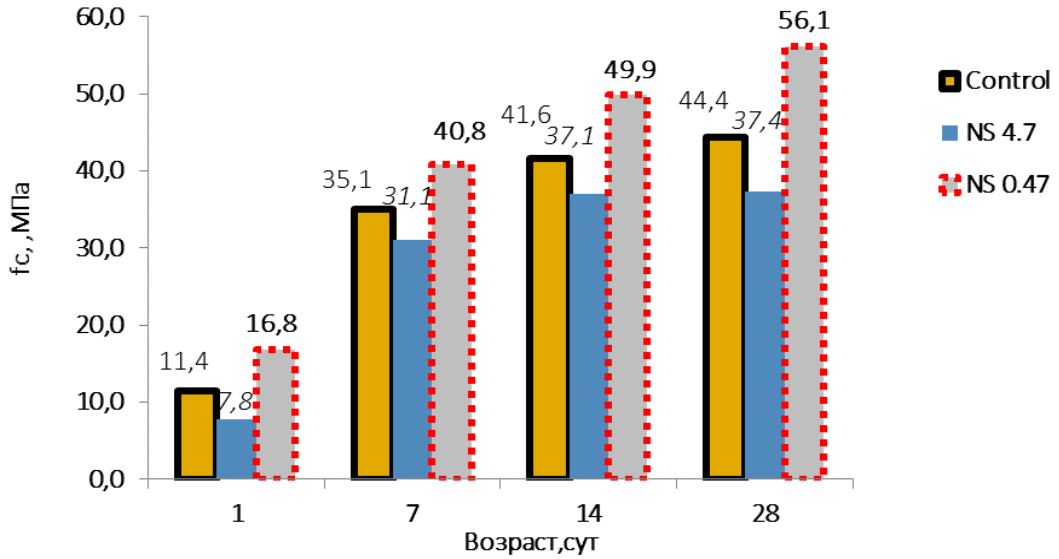
Полученные данные показали, что при содержании золя нанокремнезема $SiO_2$ в количестве 0.1 мас. % по цементу (NS 0.47) приращение прочности при сжатии по сравнению с контрольным образцом (Control) составило на первые сутки – +30%, на 28-е – + 20 % (рис. 1).

PolotskSU



При этом выявлено, что увеличение концентрации данной нанодобавки NS 4.7 приводит к понижению прочности в 1.2 раза, что говорит о целесообразности использования суперпластификатора в данной системе.

Способ приготовления используемой в дальнейшем пластифицирующей добавки заключается в диспергации суперпластификатора и наноматериала (нанокремнезема или наноуглерода) в смесителе в течение нескольких минут. После чего изготавливались и испытывались образцы бетона по выше изложенной методике.




Control – контрольный образец без добавки; NS 4.7 – образец, содержащий добавку золя нанокремнезема с концентрацией твердого $SiO_2$, равной 4.7 г/кг; NS 0.47 – образец, содержащий добавку золя нанокремнезема с концентрацией твердого $SiO_2$, равной 0.47 г/кг

Рисунок 1. – Влияние золя нанокремнезема на прочностные характеристики тяжелого бетона

Испытания пластифицирующей добавки, включающей золь нанокремнезема в паре с суперпластификатором, были проведены при значениях В/Ц от 0.2 до 0.3 (рис. 2).

Добавка, содержащая золь нанокремнезема с концентрацией твердого $SiO_2$ равной 0.47 г/кг, вводимого в суперпластификатор в количествах 8, 4 и 1 г/т при определении прочности на сжатии показала лучший результат 73.7 МПа при вводе твердого $SiO_2$ 4г на 1т суперпластификатора.

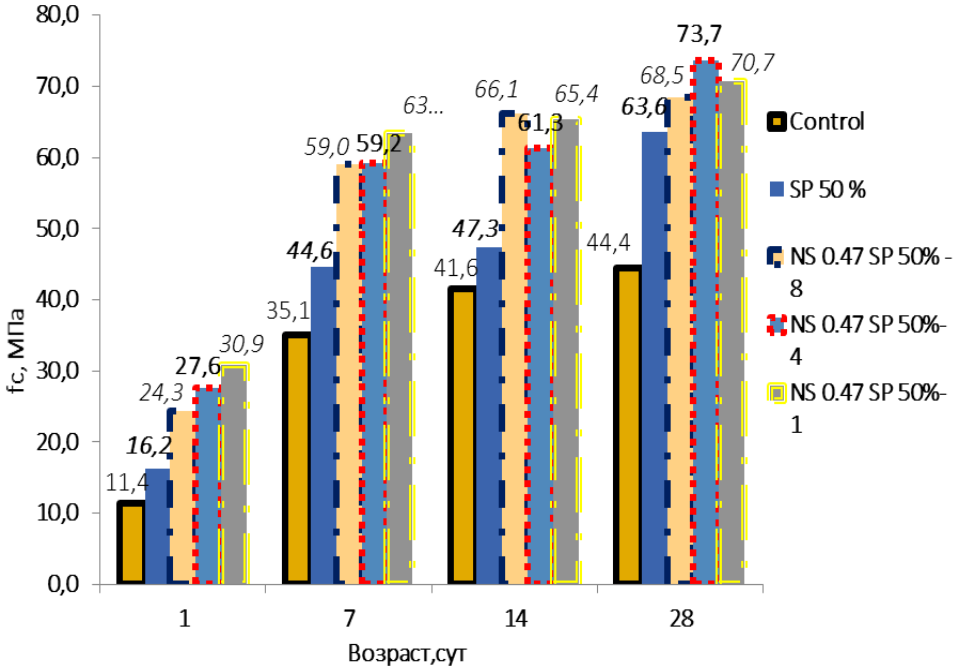
При этом ввод золя нанокремнезема увеличил прочность бетона до 30% по сравнению с бетоном содержащего только суперпластификатор и до 40% по сравнению с контрольным образцом.

Влияние комплексной добавки, содержащей МУНТ, золь нанокремнезема и суперпластификатор на прочностные характеристики бетона представлены на рисунке 3.

Прочность на сжатие образцов тяжелого бетона, улучшенная комплексной нанодисперстной системой, составила 78.7 МПа, что превышает прочность образца, содержащего добавку МУНТ в паре с суперпластификатором на 27%.

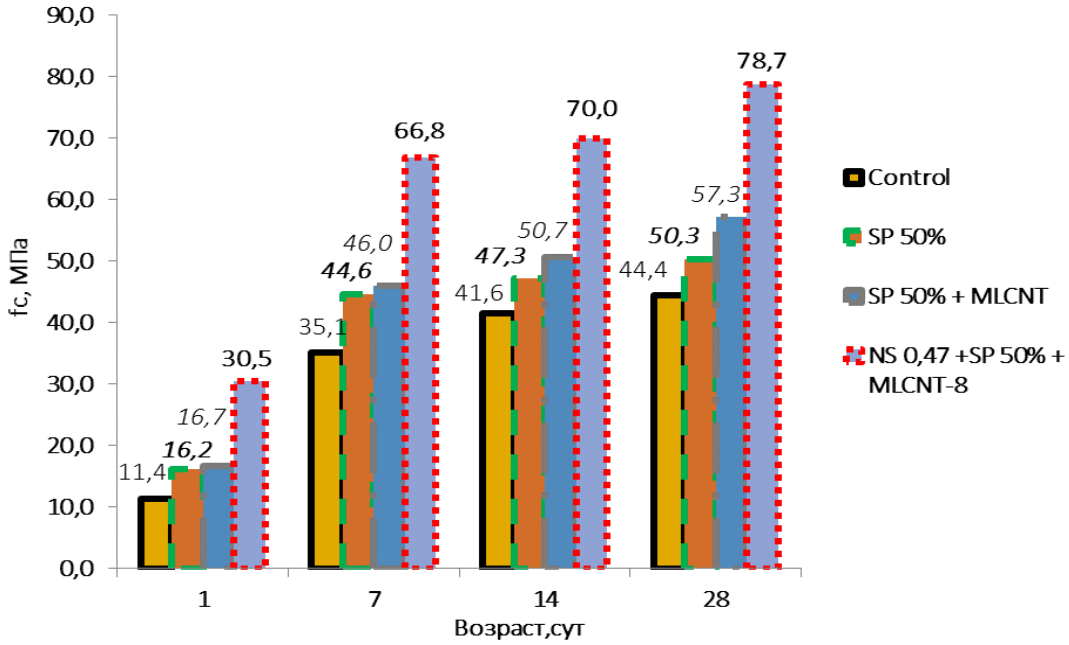
PolotskSU






Control – контрольный образец без добавки; SP– образец, содержащий добавку суперпластификатора; NS 0.47 SP -8,4,1 – образец, содержащий добавку золя нанокремнезема с концентрацией твердого $SiO_2$, равной 0.47 г/кг, вводимого в суперпластификатор в количествах 8, 4 и 1 г/т соответственно

Рисунок 2. – Влияние действия золя нанокремнезема в сочетании с суперпластификатором на прочностные характеристики тяжелого бетона




*Control* – контрольный образец без добавки; *SP* – образец, содержащий добавку суперпластификатора; *SP + MLCNT* – образец, содержащий добавку суперпластификатора и МУНТ; *NS 0.47 +SP + MLCNT* – образец, содержащий комплексную добавку, состоящую из МУНТ, золя нанокремнезема и суперпластификатора

Рисунок 3. — Влияние комплексной добавки на прочностные характеристики тяжелого бетона

PolotskSU



Можно предположить, что механизм действия представленной комплексной добавки, заключается в следующем: введение в цементную систему наноуглеродного материала приводит к плотности упаковки частиц системы, а при введении еще меньшего по размеру нанокремнезема создаются дополнительные центры кристаллизации гидратных новообразований. Следовательно, нанокремнезем выступает в качестве наноналполнителя данной системы, который активнее влияет на концентрацию $Ca^{2+}$ и $OH^{-}$ и уменьшает количество пор.

На основе анализа результатов испытаний можно сделать вывод, что комплексная нанодисперсная система, включающая многослойные углеродные нанотрубки, нанокремнезем и суперпластификатор, способствует сближению частиц, уплотнению структуры и формированию контактов срастания, что эффективно влияет на структуру тяжелого бетона. Таким образом данный эффект достигается путем направленной структурной модификации основных компонентов цементного камня - гидросиликатов кальция относительно композиции и морфологии новообразований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанова, Н.А Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 328 с.
2. Кондратенко, В.С. Адсорбционные свойства микропорошков $SiO_2$, полученных золь-гель методом/ В.С. Кондратенко, А.Н. Кобыш, Н.Э. Петрулянис, А.В. Сорокин,Е.В. Филимонова//Международная научно техническая конференция «Информационные технологии в науке, технике и образовании». – Египет, – 2006. – С. 46-48.
3. Shena, Y. Porous silica andcarbon derived materials from rice husk pyrolysischar/ Y. Shena,
4. P. Zhaoa, Q. Shao// Microporous and Mesoporous Materials, 2014. – vol.188. – Pp 46–76.
5. Кускова, Н.И. Получение наноуглерода методом электроразрядной обработки органических жидкостей/Н.И. Кускова, Л.З. Богуславский, А.А. Смалько, А.А. Зубенко. – ЭОМ, – 2007. №4. – С. 46-52.
6. Потапов, В.В. Физико-химические характеристики нанокремнезема (золь, нанопорошок) и микрокремнезема/ В.В.Потапов, Д.С. Горев Д.С.// Фундаментальные исследования. – 2018. –№. 6. – С. 23-29.
7. Жданок, С.А. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы/ С.А. Жданок, Б.М. Хрусталев, Э.И. Батяновский, С.Н. Леонович // Вестник БНТУ. – 2009. – № 3. – С. 5–22.
8. Жданок, С.А. Установка для получения углеродных наноматериалов/ С.А. Жданок, А.В. Крауклис, П.П. Самцов,В.М. Волжанкин // Патент 2839 РБ, МПК В82В 3/00 /; Опубл. 30.06.2006.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:
Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.*
*Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379.**
**ISBN 978-985-531-701-3** @Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:**
**ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
http://www.psu.by