

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ ВВЕДЕНИИ  
НАНОДИОКСИДА КРЕМНИЯ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ ДИСПЕРСНОСТИ**

О.В. Демьяненко

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Н.О. Копаница, профессор, д.т.н. Ю.С. Саркисов

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: [angel\\_n@sibmail.com](mailto:angel_n@sibmail.com)

**REGULARITIES OF INCREASE IN DURABILITY OF THE CEMENT STONE AT INTRODUCTION  
OF SILICON NANODIOXIDE WITH DIFFERENT DEGREE OF DISPERSITY**

O.V. Dem'yanenko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. N.O. Kopanitsa,

Prof., Dr. Y.S. Sarkisov

Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya Sq, 2, 634003

E-mail: [angel\\_n@sibmail.com](mailto:angel_n@sibmail.com)

***Abstract.** The influence of nano-SiO<sub>2</sub> on the strength properties of cement stone is studied in the article. It was found that the strength of the modified cement stone at 28 days of hardening is 45% higher, compared with the control samples, with the addition of Ts38.*

**Введение.** С интенсивным развитием строительства в последнее время термин «нанотехнология» стремительно ворвался в лексику научных журналов. Широко обсуждаются проблемы и перспективы нанотехнологий в строительстве [1, 2, 3]. В работах В.И. Калашникова, С.С. Каприелова, Е.М. Чернышова, Ю.М. Баженова, Е.В. Королева и других обоснована эффективность применения добавок на основе микро- и наночастиц в технологии производства строительных материалов. Экспериментальные исследования [5-8] и практический опыт различных ученых призваны убедить общественность в перспективах применения наноразмерных частиц для создания материалов с фундаментально новыми свойствами и функциями.

Цель работы: выявить закономерность повышения прочностных характеристик цементного камня при введении нанодиоксида кремния. Учеными из г. Новосибирск в Институте Ядерной физики и теоретической и прикладной механики СО РАН путем испарения и конденсации вещества релятивистским пучком электронов на установке – ускорителе электронов получена целая линейка SiO<sub>2</sub> с разной удельной поверхностью и с разными характеристиками. Ранее в статье [4] были проведены исследования структурного состояния диоксида кремния SiO<sub>2</sub> (Таркосил) методами рентгеноструктурного анализа и имитационного моделирования. Количественное соотношение аморфных фаз в Таркосиле во многом должно определять его реакционную способность по отношению к оксиду кальция и другим компонентам цементных систем, что должно приводить к зарождению и накоплению в цементной системе низкоосновных гидросиликатов кальция и, как следствие, к повышению прочности цементного камня [4].

**Материалы и методы исследования.** Для исследования был использован нанодисперсный диоксид кремния с разной удельной поверхностью. Данные представлены в табл. 1

Таблица 1

Удельная поверхность наночастиц SiO<sub>2</sub>

Название	Ts10	Ts38	Ts59	Ts90	Ts110	Ts140	Аэросил 200	Аэросил 300
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	10	38	59	92	111	140	200	300
Средний размер частиц, нм	45	37,12	58,34	29,55	24,54	19,55	13,64	9,09

В работе использованы следующие материалы: портландцемент класса Цем I 42,5Н, по ГОСТ 31108-2003, нано-SiO<sub>2</sub> с разной удельной поверхностью. Удельная поверхность цемента 0,3 м<sup>2</sup>/г. Вода для обработки использовалась водопроводная. Содержание добавки 0,03 % от массы цемента. Для определения физико-механических характеристик модифицированного цементного камня готовились образцы-кубики из цементного теста нормальной густоты размером 20\*20\*20 мм, образцы хранились 1 сут в формах при t = 20–22 °С, W = 90–95 %, затем без форм, в эксикаторе, над водой в течение 27 сут. Прочность на сжатие образцов оценивалась в 7, 14 и 28 сут твердения. Результаты представлены на рис. 1.

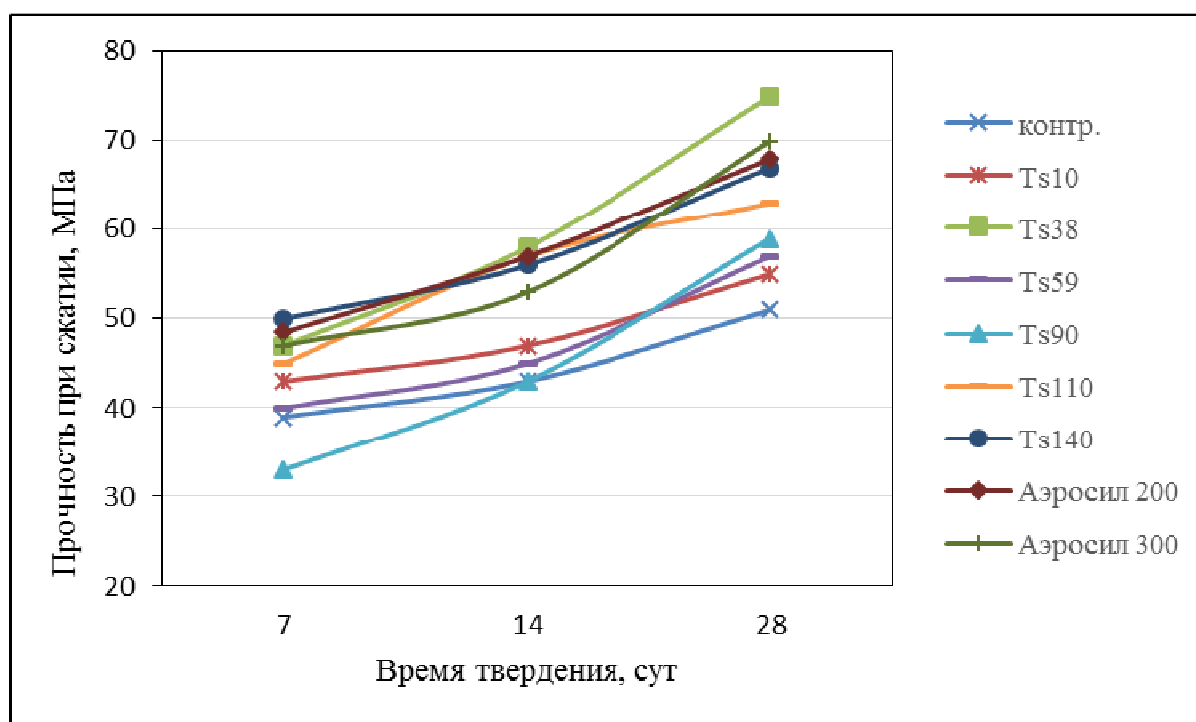


Рис. 1. Кинетические кривые набора прочности цементного камня

**Результаты.** Из данных, представленных на рисунке 1. видно, нано- SiO<sub>2</sub> с разной удельной поверхностью превышают прочность контрольного образца в ранние сроки твердения до 10%, к 28

суткам до 45 % с добавкой Ts38. Высокая удельная поверхность SiO<sub>2</sub> позволяет его наночастицам заполнять микропоры цементного камня, создавая при этом более плотную и прочную микроструктуру. Введение микродоз наночастиц, имеющего сходство с синтезируемыми фазами, влияет на скорость кристаллизации, а также создает дополнительные центры кристаллизации. Используя нанодиоксид кремния с разной удельной поверхностью можно целенаправленно менять свойства цемента и бетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bazhenov Ju.M., Korolev E.V. Nanomodification's technology in material science // Journal «Regionalnaya arhitektura i stroutelstvo», 2008, № 1 (4). – P. 4-7.
2. Bazhenov Ju.M., Korolev E.V. Estimation of cost efficiency of nanotechnologies' application in material science // Journal «Stroitelnye materialy», 2009, № 6. – P. 66-67.
3. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем [Электронный ресурс] / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. — Эл. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 328 с.
4. Ю.А. Абзаев, Н.О. Копаница, В.А. Клименов [и др.] Моделирование структурного состояния аморфного Таркосила / Ю.А. Абзаев, Н.О. Копаница, В.А. Клименов [и др.] // Вестник ТГАСУ. – 2015. - № 3. – С. 121-133.
5. О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов Влияние наноразмерного диоксида кремния на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С.Саркисов // Материалы II Международной научной конференции «Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы». - 2015. – С. 37-40
6. Демьяненко О.В. Влияние наноразмерного диоксида кремния на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов // Молодежь, наука, технологии: Новые идеи и перспективы (МНТ-2015) : избранные доклады II Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – 2016. – С. 193–196.
7. Демьяненко О.В. Влияние наночастиц диоксида кремния на эксплуатационные свойства цементных систем / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница // Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томский государственный архитектурно-строительный университет. – 2015. – С. 408–411.
8. Копаница Н.О. Применение нанодисперсного кремнезема в производстве строительных смесей /Н.О. Копаница, О.В. Демьяненко, Ю.С. Саркисов // Вестник ТГАСУ №5. 2016. – С.140-150.