

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И СОСТАВА ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Tolmach_serg@mail.ru

Рассматриваются вопросы эффективности применения нанотехнологий в строительном материаловедении. Изучаются закономерности изменения прочности композиционных материалов в зависимости от технологических особенностей их изготовления. Установлена взаимосвязь технологических факторов и свойств цементных композитов, содержащих наночастицы.

Ключевые слова: нанотехнологии, углеродные наночастицы, критическая концентрация мицеллообразования, тепловлажностная обработка, цементный камень, цементно-песчаный раствор.

Нанотехнологии являются в настоящее время одними из бурно развивающихся научных направлений. Наиболее широко нанотехнологии применяются в электронике, медицине, биологии, косметологии, материаловедении. В строительном материаловедении нанотехнологии способствуют созданию материалов с принципиально новыми физико-механическими свойствами и функциональными возможностями.

Е.В. Королев [1] под нанотехнологией понимает совокупность приемов, направленных на синтез наноструктур. Автор считает, что для создания практической нанотехнологии необходимо решить следующие задачи: получить наночастицы или системы с наноконпонентами стабильного качества; разработать способ однородного распределения нанообъектов по всему объему композиционного материала; разработать методику оценки технико-экономической эффективности применения нанотехнологий. Решение этих задач позволит определить область применения нанотехнологий в строительном материаловедении и методы ее реализации.

Е.Н. Прудков [2], считает, что среди перспективных направлений нанотехнологии в строительной отрасли, можно выделить: высокодисперсное измельчение исходных материалов (например, наполнители, вяжущие и др.) и наноармирование; активирование воды затворения. Автор полагает, что нанотехнология активирования воды затворения наиболее привлекательна, т.к. суть заключается в изменении соответствующих свойств воды, что приводит к возможности повышения эффективности производства бетона.

Существенное отличие свойств наночастиц от микрочастиц связано с тем, что в наночастицах значительное число атомов находится на их поверхности, их доля растет с уменьшением размера частиц. Соответственно, увеличивается вклад поверхностных атомов в химическую ак-

тивность. В результате на поверхности появляются активные центры, участвующие в адсорбции, явлениях растворения, гидратации и др. [2].

По мнению В.С. Лесовика [3], наночастицы, равномерно распределенные в цементном тесте, ускоряют процессы гидратации, заполняют поры, что увеличивает прочность цементного камня, улучшает микроструктуру и взаимодействие цементного теста с наполнителями в бетоне. Оптимизация структуры материала, как правило, достигается путем подбора химического состава, водоцементного отношения, количества и вида наночастиц.

В Украине, в отличие от зарубежных стран, на данном этапе развития нанотехнологий, нет соответствующего оборудования и технологических процессов по синтезу наночастиц, что существенно тормозит развитие этого направления.

Целью исследований, проводимых в Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете на кафедре технологии дорожно-строительных материалов, является: изучение закономерностей влияния наночастиц на прочность и процессы структурообразования цементных композитов.

В исследованиях мы использовали суспензию «вода - отходы переработки угольной пыли», полученную при измельчении в ультразвуковом диспергаторе в Украинском государственном научно-исследовательском углехимическом институте. Суспензия содержит углеродные наночастицы (УНЧ), концентрация которых составляет 0,9 г/литр.

Поскольку размеры наночастиц составляют от 1 до 100 нм, то в воде, они образуют гидрозоли имеющие критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ), которую определяли двумя способами: по относительной вязкости раствора при помощи стеклянного вискозиметра с диаметром капилляра 0,54 мм, и кондуктомет-

рическим методом по измерению электросопротивления при помощи прибора LCR – метра (MCP BR 2821 Hand-held LCR Meter).

На основании полученных результатов построены графики (рис. 1 и 2), на которых имеются два экстремума: при концентрации наноча-

стиц 0,0225 % и 0,18 % от массы цемента, что свидетельствует о наличии двух областей ККМ.

Относительную вязкость определяли как отношение времени истечения воды в вискозиметре к времени истечения гидрозоля различных концентраций.

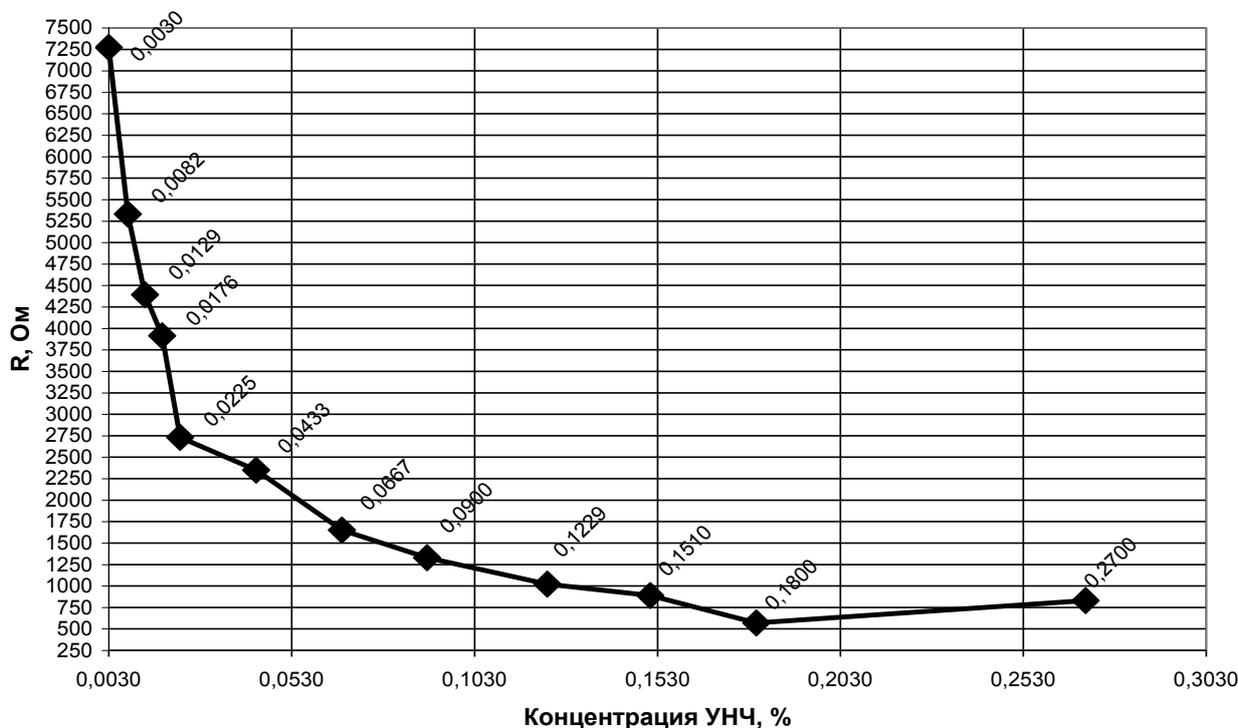


Рисунок 1. Зависимость сопротивления гидрозоля от концентрации УНЧ

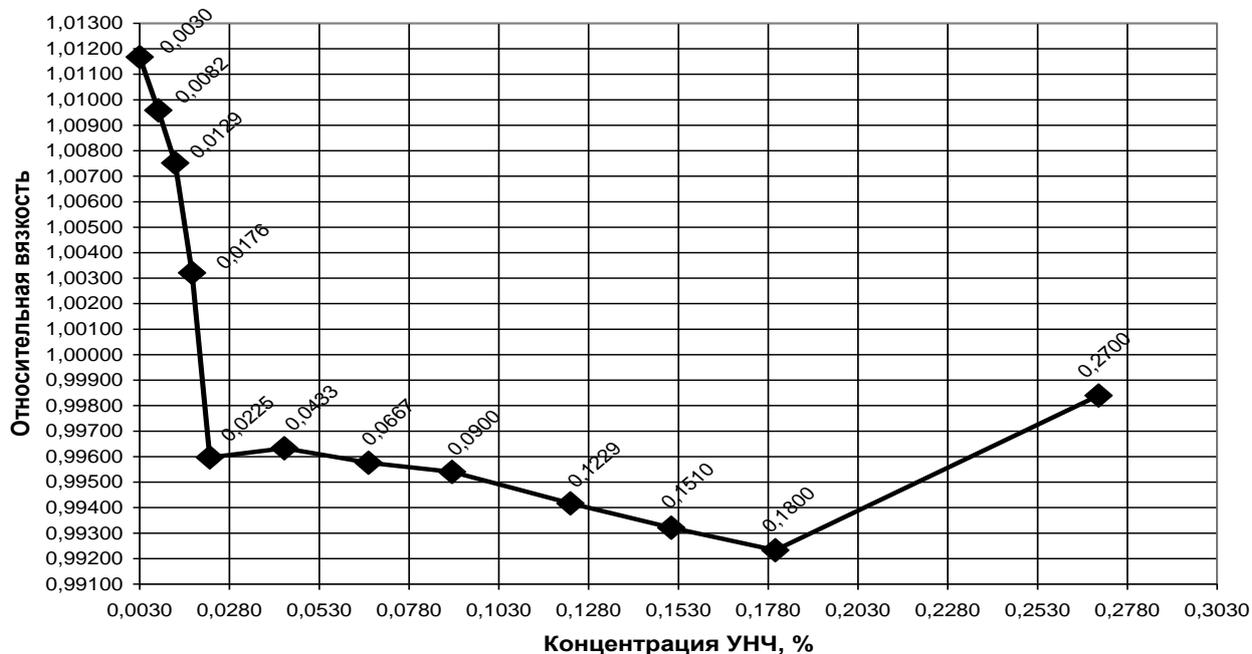


Рисунок 2. Зависимость относительной вязкости гидрозоля от концентрации УНЧ

Исследования зависимости прочности цементного камня естественного твердения от концентрации УНЧ (рис. 3) показали, что в областях ККМ 0,0225 % и 0,18 % от массы цемента

прочность камня возрастает в 1,5 раз по сравнению с контрольным составом. В области концентраций 0,09 % и 0,27 % наблюдается незначительное снижение прочности.

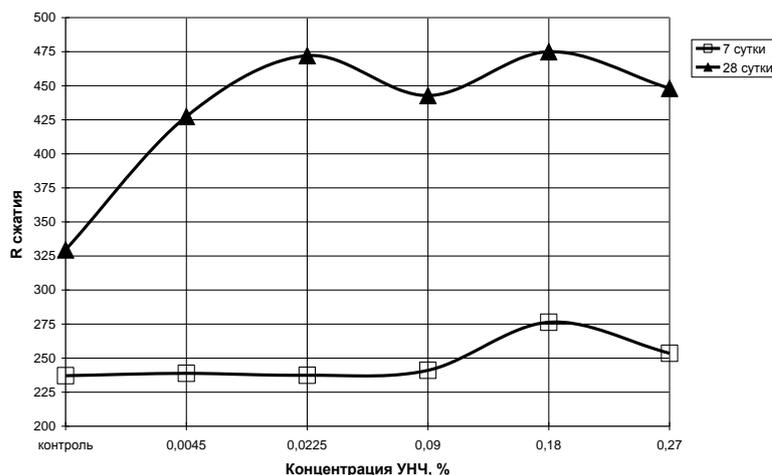


Рисунок 3. Зависимость прочности цементного камня от концентрации УНЧ

Исследования, проводимые ранее [4], показали, что для цементного камня в условиях тепловлажностной обработки при оптимальной температуре 60 °С прочность цементного камня с УНЧ увеличивается в 1,8 раз по сравнению с контрольным составом. Проведенные ранее электронно-микроскопические исследования цементного камня, показали существенные отличия в структуре цементного камня без УНЧ и с УНЧ при концентрациях 0,0045 % и 0,0225 % от массы цемента.

По мнению А.А. Елисеева [5] сферические наночастицы способны собираться в упорядоченные структурные агрегаты под действием слабых сил (электростатические, капиллярные взаимодействия, поверхностное натяжение).

Однородные по размеру наночастицы способны собираться в пространственно-упорядоченные структуры, представляющие собой одномерные «нити», двумерные плотно упакованные слои, трехмерные массивы или малые кластеры. Тип организации наночастиц и структура образующегося кристалла зависят от условий синтеза, диаметра частиц и от дисперсионной среды.

Для выявления эффективности применения наночастиц в технологии композиционных материалов изготавливали балочки размером 4×4×16 см из цементно-песчаных растворов при различных соотношениях вяжущего и заполнителя, которые твердели в нормальных условиях (рис. 4 а, б).

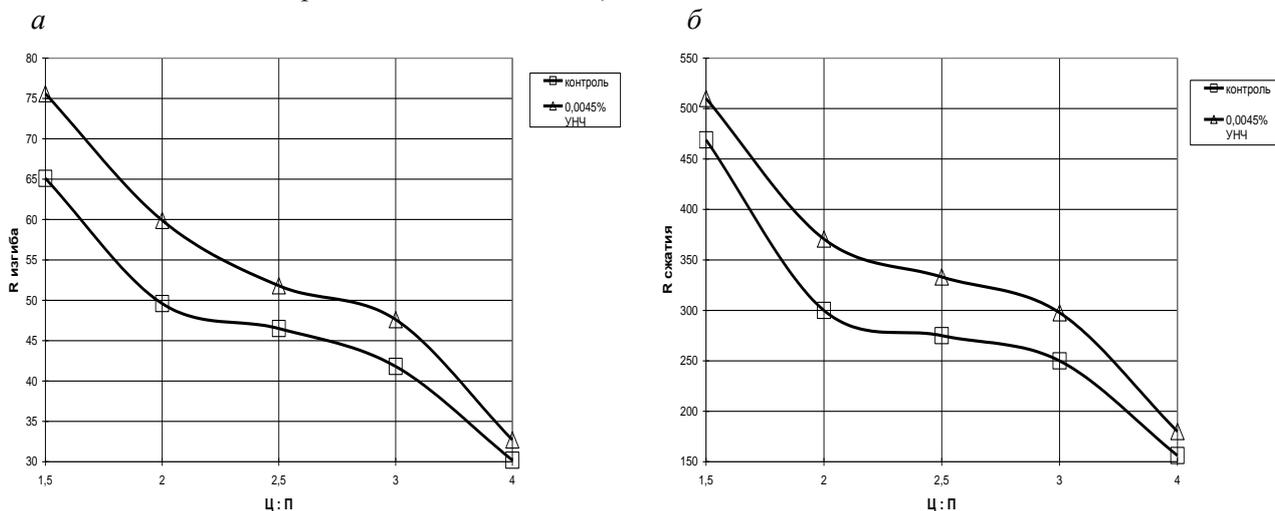


Рисунок 4. Зависимость прочности цементно-песчаных растворов от отношения цемент-песок:

а - при изгибе; б - при сжатии

Очевидно, что с увеличением количества заполнителя прочность растворов снижается, однако прочность составов с УНЧ выше, чем в контрольных составах. Следует отметить, что для отношения Ц : П = 1 : 2 прироста прочности практически одинаковы как при изгибе, так и

при сжатии и составляют 20 % и 23 % соответственно.

Исследования прочности равноподвижных составов для отношения Ц : П = 1 : 3 при изгибе и сжатии балочек в условиях тепловлажностной обработки (ТВО) при температуре 40 °С (рис. 5, а, б) показали, что на 28 суток твердения проч-

ность составов с 0,0225 % УНЧ при изгибе (рис. 5, а) увеличивается на 27 % по сравнению с контрольным составом. Прочность при сжатии (рис. 5, б) на 28 сутки твердения для концентрации УНЧ 0,0225 % от массы цемента возрастает на 30 % по сравнению с контрольным составом. Следует отметить, что скорость набора прочности составов с УНЧ значительно выше, чем у

контрольных составов и не снижается. Для контрольных составов к 28 суткам твердения наблюдается стабилизация прочности. Таким образом, при введении наночастиц в цементно-песчаные растворы изменение прочности происходит в лишь на 10 – 30 %, а при введении наночастиц в цементный камень прочность возрастает в 1,5 – 1,8 раз.

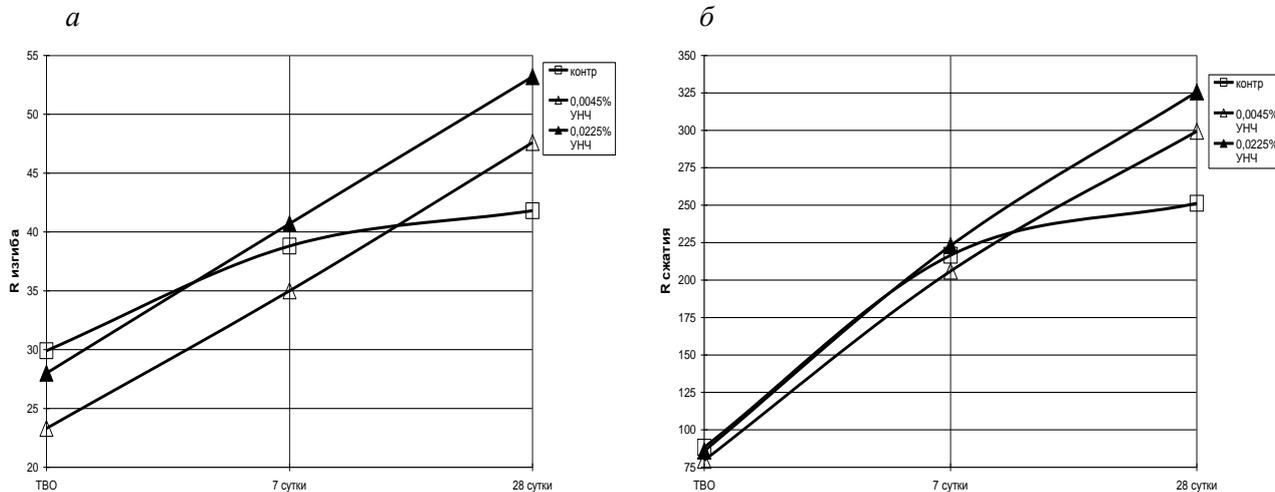


Рисунок 5. Кинетика набора прочности растворов во времени:
а - при изгибе; б - при сжатии

Проводили исследования по применению наночастиц в технологии виброуплотненных мелкозернистых бетонов естественного твердения. Из графиков (рис 6, а) видно, что на 7 сутки твердения составов с увеличением концентрации УНЧ до 0,0045 % от массы цемента проч-

ность при изгибе возрастает на 17 %. Дальнейшее увеличение концентрации приводит к плавному снижению прочности до уровня контрольного состава и лишь для концентрации УНЧ 0,27 % от массы цемента прочность возрастает на 17 % как и для состава с 0,0045 % УНЧ.

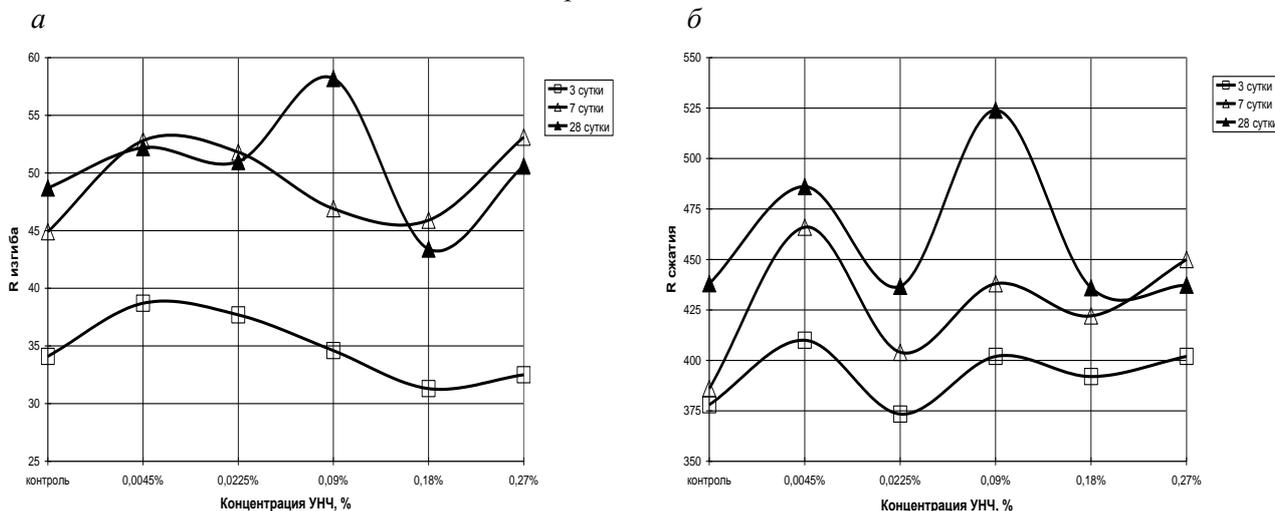


Рисунок 6. Зависимость прочности бетонов от концентрации УНЧ:
а - при изгибе; б - при сжатии

Из рис. 6, б видно, что на 7 сутки твердения составов наблюдаются два экстремума в области концентраций УНЧ 0,0045 % и 0,09 % от массы цемента. Прочность бетонов при сжатии при этом увеличивается на 22 % и 16 % соответственно. На 28 сутки твердения для концентрации УНЧ 0,0045 % и 0,09 % прочность увеличивается на 13 % и 22 % соответственно. Очевид-

но, что максимальная прочность смещается в сторону от областей ККМ.

Нами были проведены исследования по выявлению влияния наночастиц на прочность прессованных цементно-песчаных растворов в условиях естественного твердения и ТВО при температуре 60 °С (рис. 7).

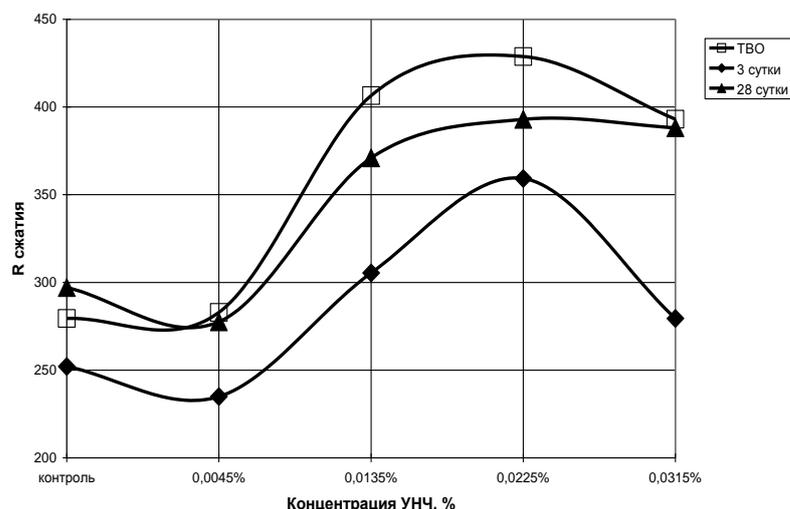


Рисунок 7. Зависимость прочности прессованных цементно-песчаных растворов от концентрации УНЧ

Из графика видно, что в условиях ТВО с увеличением концентрации УНЧ прочность возрастает в 1,46 раз для 0,0135% УНЧ и в 1,54 раза для 0,0225% УНЧ по сравнению с контрольным составом. Аналогичная тенденция изменения прочности наблюдается к 28 суткам естественного твердения. При концентрации УНЧ 0,0135% от массы цемента прочность увеличивается в 1,25 раза по сравнению с контрольным составом, а для 0,0225% УНЧ - в 1,34 раза. Дальнейшее увеличение концентрации УНЧ до 0,0315% приводит к стабилизации прочности.

Сравнивая изменения прочности в условиях ТВО и к 28 суткам естественного твердения следует отметить эффективность тепловлажностной обработки по сравнению с твердением в нормальных условиях. Для концентраций 0,0135% и 0,0225% УНЧ от массы цемента эффективность ТВО повышается на 12%.

Очевидно, что эффективность применения наночастиц в технологии прессованных цементно-песчаных растворов повышается. Такое увеличение прочности в условиях прессования Ничипоренко С.П. [6] объясняет тем, что при давлении происходит выдавливание гидратных пленок и образование большего количества точечных контактов.

ВЫВОДЫ:

1. Исследования проведенные нами показали, что существует взаимосвязь между технологическими особенностями и свойствами композиционных материалов, содержащих углеродные наночастицы.

2. Установлено, что эффективность применения наночастиц в технологии бетонов снижается при переходе от цементного камня к раствору и бетону.

3. Показано, что ТВО повышает эффективность применения наночастиц в технологии цементных композитов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Королев, Е.В.* Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении [Текст] / Е.В. Королев // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет журнал. - № 1, 2009. - С. 66 - 79. - Режим доступа к журн.: <http://www.nanobuild.ru>

2. *Прудков, Е.Н.* Нанотехнологии в производстве цементных бетонов [Текст] / Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии // Е.Н.Прудков, М.С. Закуражнов: Сб. докл. Междунар. научн.-практич. конф. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. - Ч.1. - 356 с., С. 203 - 206.

3. *Лесовик, В.С.* Нанотехнологии в производстве цемента. Обзор направлений исследования и перспективы развития [Текст] / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, Ф.Е. Жерновой // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии : сб. докл. Междунар. научн.-практич. конф. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. - Ч.1. - 356 с., С. 146 - 151.

4. *Беличенко, Е.А.* Закономерности изменения свойств цементных композиций, содержащих углеродные наночастицы [Текст] / Е.А. Беличенко, С.Н. Толмачев // Физико-химические аспекты технологии наноматериалов, их свойства и применение: Сб. тезисов докладов Всероссийской конференции - Москва НИФХИ им. Л.Я. Карпова, октябрь - ноябрь 2009. - С. 10 - 19.

5. *Елисеев, А.А.* Философия наносинтеза [Текст] // А.А. Елисеев, А.И. Сеницкий. - Режим доступа: <http://www.nanometer.ru>

6. Структурообразование в дисперсиях слоистых силикатов [Текст] / Под общ. ред С.П. Ничипоренко. - К.: Наук. думка, 1978. - 204 с.

