

УДК 624:691

А. П. ИВАНОВА^{1*}, О. И. ТРУФАНОВА^{2*}

^{1*}Каф. «Строительство, геотехника и геомеханика», ГВУЗ «Национальный горный университет», пр. Карла Маркса, 19, Днепропетровск, Украина, 49000, тел. +38 (050) 45 29 945, эл.почта ivaso94@mail.ru, ORCID 0000-0003-4219-7916

^{2*}Каф. «Строительство, геотехника и геомеханика», ГВУЗ «Национальный горный университет», пр. Карла Маркса, 19, Днепропетровск, Украина, 49000, тел. +38 (066) 87 19 081, эл.почта olga.trufanova.90@mail.ru, ORCID 0000-0001-8281-0354

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА

Цель. Целью проведенных исследований была оценка перспективности использования наноматериалов в строительных технологиях, при одновременном соблюдении требований по сохранению экологической безопасности и рациональном использовании природных ресурсов. **Методика.** В ходе проведения исследований были изучены и проанализированы строительные композиты, в частности бетоны, получаемые на основе сырья, которые нагружаются на масштабных микро- и наноровнях; промоделированы процессы деформирования и разрушения наноструктурированных бетонов, в зависимости от их состава и технологических параметров получения. **Результаты.** Производство бетона напрямую зависит от компонентов, которые входят в его состав. Вследствие добычи и переработки этих компонентов происходит деградация земель из-за уничтожения почвы крупными карьерами, что несет угрозу экологии окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость в создании иной концепции получения строительных материалов для изготовления бетона. В ее основу должна быть положена новая отрасль науки, базирующаяся на понятиях нано-технологий, наноматериалов и наноструктурирования. Особенностью наноструктурированных бетонов является введение в их состав нанодобавок (углеродные нанотрубки, механоактивированные доменные шлаки). Изучение закономерностей деформирования и разрушения бетона на основе механоактивированного сырья позволит направленно воздействовать на структуру, физико-химические, механические и деформационные свойства. **Научная новизна.** Проведенные исследования показали, что наноструктурированные бетонные смеси имеют большую подвижность. Прочность таких композитов повышается на 13 % – без сокращения расхода цемента и на 8,8 % – при сокращении расхода цемента на 10 %. **Практическая значимость.** Применение структурированных бетонов на основе механоактивированного сырья позволит повысить эффективность переработки промышленных отходов, улучшить физико-механические и технологические свойства получаемых композитов. С точки зрения экономической целесообразности применение наноструктурированного бетона является выгодным, так как он набирает высокую прочность, при этом вес и объем конструкции уменьшается. Использование новых технологий позволит улучшить экологические показатели строительных материалов и уменьшить вредное воздействие на атмосферу в процессе их производства.

Ключевые слова: бетоны; механоактивация; прочность; наноматериалы; наноструктурирование; астралены

Введение

Бетон является одним из основных материалов, применяемых в гражданском и промышленном строительстве.

Бетоны можно классифицировать, как многокомпонентные композиционные материалы на основе минеральных вяжущих, свойства которых определяются видом, размерностью и характером взаимодействия компонентов. При этом одним из самых существенных факторов, определяющих их свойства, является учет особенностей взаимодействия этих компонентов и их соединений на межфазных границах в уже затвердевших бетонах. В целом,

можно утверждать, что технология любого бетона, в силу высокой дисперсности компонентов, особенно цемента – классический пример издавна существовавшей промышленной нанотехнологии [7, 3].

В последние годы развитие наноиндустрии приобрело широкомасштабный характер в различных областях человеческой деятельности. Особое внимание уделяется развитию использования наноматериалов в строительстве [5, 10].

Область применения наноматериалов постоянно расширяется, поэтому вопрос о возможности их использования в строительных материалах очень актуален.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

При этом стоит отметить, что охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов – одна из самых актуальных проблем современности [9, 2]. В последнее время в Украине наблюдается проблема недостатка материальных и энергетических ресурсов, который требует разработки прогрессивных малозэнергоёмких технологий производства строительных материалов и изделий. Проблема полной переработки отходов предприятий также является экологически важной.

Цель

Целью проведенных исследований была оценка перспективности использования наноматериалов в строительных технологиях, при одновременном соблюдении требований по сохранению экологической безопасности и рациональном использовании природных ресурсов. Также целью данной работы является установление закономерностей формирования структуры материала, его прочностных и упруго-пластических свойств.

Методика

Работа посвящена изучению строительных композиций, в частности бетонов, на основе сырья, которое нагружается на масштабном микро- и наноуровнях. Методика заключается:

– в исследовании свойств и гранулометрических характеристик компонентов бетонных смесей;

– в исследовании влияния гранулометрических характеристик и удельной поверхности материалов на их активность (прочность);

– в изучении физико-химических и технологических свойств наноструктурированных строительных композиций;

– в моделировании процессов деформирования и разрушения наноструктурированных бетонов в зависимости от их состава и технологических параметров получения.

Результаты

Производство бетона напрямую зависит от компонентов, входящих в его состав. Основой для бетона является цемент – самый дорогой компонент бетонной смеси. По итогам 6 месяцев 2013 года емкость рынка цемента в Украине сократилась на 13 % и составила 4,71 млн тонн (рис. 1).

Doi 10.15802/stp2014/30453

По сравнению с 2012 годом в 2013 году спад цементного производства за период январь–октябрь составил 3 % (рис. 2).

Для щебеночной отрасли начало 2013 года ознаменовалось стремлением выдать больше продукции – около 70 млн тонн, из которых порядка 30 млн тонн будет затрачено на производство бетона [8].

Песка в Украине ежегодно добывают около 22 млн тонн, из которых порядка 15 млн тонн идет на производство бетона. Производство бетона занимает второе место в мире по потреблению водных ресурсов.

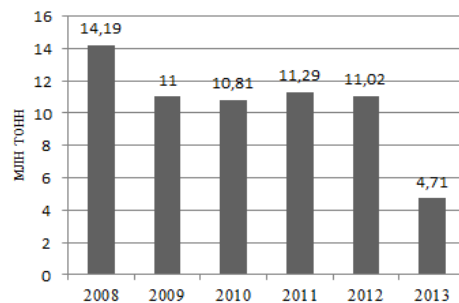


Рис. 1. Емкость рынка цемента в 2008–2013 годах

Fig. 1. Market capacity of the cement in 2008–2013

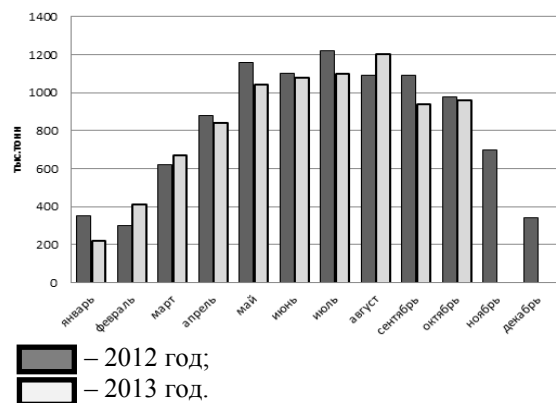


Рис. 2. Производство цемента в Украине за 2013 год

Fig. 2. Cement production in Ukraine in 2013

Исходя из вышеизложенного, стоит отметить, что крупные карьеры строительного сырья уничтожают почвы на значительных площадях и вызывают эффект гидрогеологической депрессионной воронки, в результате чего понижается уровень подземных вод на территории, наблюдается деградация земель, в 10–15 раз превышающей площадь открытых разработок. Ежегодно образуется около 50 тыс. га нарушенных земель, объемы рекультивации которых состав-

© А. П. Иванова, О. И. Труфанова, 2014

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ляют около 60 % площади отчуждаемых земель, что не обеспечивает их своевременного возвращения в хозяйственный оборот [4].

В связи с этим возникает необходимость в создании иной концепции строительного бетона. В ее основу положена новая отрасль науки, базирующаяся на понятиях нанотехнологий, наноматериалов и наноструктурирования.

Наноматериалы можно разделить на четыре основные категории.

Первая категория включает материалы в виде твердых тел, размеры которых в одном, двух или трех пространственных координатах не превышают 100 нм. К таким материалам можно отнести наноразмерные частицы (нанопорошки), нановолокна, нанопроволоки, очень тонкие пленки (толщиной менее 100 нм), нанотрубки и т. п. Такие материалы могут содержать от одного структурного элемента или кристаллита (для частиц порошка) до нескольких их слоев (для пленки). В связи с этим первую категорию можно классифицировать как наноматериалы с малым числом структурных элементов или наноматериалы в виде наноизделий.

Вторая категория включает в себя материалы в виде малоразмерных изделий с характеризующим размером в примерном диапазоне 1 мкм – 1 мм. Обычно это проволоки, ленты, фольги. Такие материалы содержат уже значительное число структурных элементов и их можно классифицировать как наноматериалы с большим числом структурных элементов (кристаллитов) или наноматериалы в виде микроизделий.

Третья категория представляет собой массивные (или иначе объемные) наноматериалы с размерами изделий из них в макродиапазоне (более нескольких миллиметров). Такие материалы состоят из очень большого числа наноразмерных элементов (кристаллитов) и фактически являются поликристаллическими материалами с размером зерна 1–100 нм [11].

Четвертая категория включает композиционные материалы, содержащие в своем составе компоненты из наноматериалов из первой категории и второй категории (рис. 3) [1].

Особенностью наноструктурированных бетонов является введение в состав бетонов и цементных растворов нанодобавок. Нанодисперсные наполнители являются высокоточными минеральными веществами, которые формируют адгезионную прочность в цементном камне и, со-

ответственно, повышают долговечность бетона, морозостойкость, водонепроницаемость и другие физико-механические характеристики [12]. Как пример, можно рассмотреть углеродные нанотрубки фуллероидного типа – астралены. Введение астраленов в бетонные смеси в самом незначительном количестве приводит к росту в составе цементного камня протяженных структур длиной в сотни мкм. Наличие таких образований является микродисперсным самоармированием цементного камня, что приводит к соответствующему упрочнению бетонов [6].

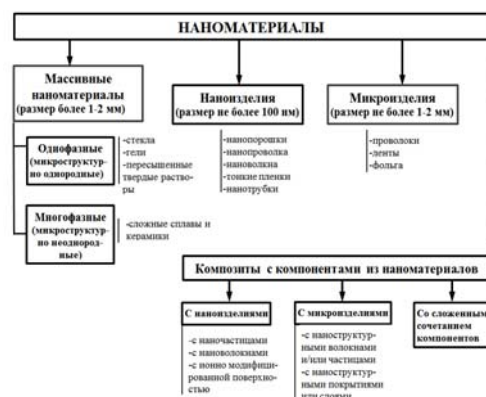


Рис. 3. Классификация наноматериалов

Fig. 3. Classification of nanomaterials

В качестве добавок могут быть использованы механоактивированные шлаки и шламы металлургического производства. Одним из наиболее эффективных способов использования вторичных материалов в качестве сырья, ускорения процессов их переработки является механоактивация за счет применения скоростных режимов механических нагрузок на масштабных микро- и наноуровнях. Изучение закономерностей деформирования и разрушения бетона на основе механоактивированного сырья позволит направленно воздействовать на структуру, физико-химические, механические и деформационные свойства. Также это будет способствовать разработке технологий получения строительных материалов, изделий и конструкций с улучшенными прочностными и деформационными свойствами [13].

Благодаря своим качествам, наноструктурированные бетоны и материалы получают все более широкое распространение в строительной отрасли.

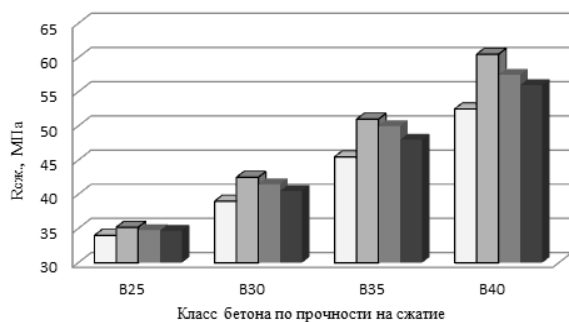
Немаловажным фактором рентабельности применения высококачественного бетона явля-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ется оценка экологической безопасности и воздействия на окружающую среду. Основные компоненты, используемые для изготовления структурированного бетона, появляются после переработки отходов промышленности, а также измельчения исходных материалов и сырья. Сравнительный анализ экологических характеристик наиболее распространенных строительных материалов и наноматериалов показал, что нанобетон и нановолокно безвредны при соблюдении правил безопасности.

Научная новизна и практическая значимость

В общем смысле нанотехнологии включают создание и использование материалов, свойства которых определяется наноструктурой, то есть ее упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм. Область применения наноматериалов постоянно расширяется, поэтому вопрос о возможности их использования в строительных материалах очень актуален. В строительстве широкое распространение получили нанобетоны, прочность которых почти на 150 % превышает среднюю прочность конструкционных бетонов, их морозостойкость выше на 50 %, а вероятность появления трещин в разы ниже. Так же стоит отметить и тот факт, что вес конструкции, произведенной из такого бетона, уменьшается в шесть раз.



- без наноматериалов;
- с наноматериалами без сокращения расхода цемента;
- с наноматериалами с сокращением расхода цемента на 10 %;
- с наноматериалами с сокращением расхода цемента на 15 %.

Рис. 4. Зависимость прочности бетона при сжатии по классам

Fig. 4. Dependence of the concrete strength during compression by classes

Проведенные исследования показали, что наноструктурированные бетонные смеси имеют большую подвижность. Прочность таких композитов повышается на 13 % – без сокращения расхода цемента и на 8,8 % – при сокращении расхода цемента на 10 % (рис. 4).

С точки зрения экономической целесообразности применения наноструктурированного бетона является выгодным, так как он набирает высокую прочность, при этом вес и объем конструкции уменьшается. Все это позволяет надеяться, что уже в обозримом будущем произойдет промышленное внедрение нанобетонов, которое позволит получить значительный экономический эффект, поскольку при увеличении потребительских характеристик нанобетонов в 4–6 раз их стоимость выше обычных не более чем на 10–20 % (что наглядно иллюстрирует рис. 4).

Как пример, можно привести пешеходный мост в Японии, где применение нанобетонов сэкономило 15 % денежных средств.

Выводы

Рассмотренный и проанализированный набор методов и средств формирования свойств высококачественных бетонов с применением наноматериалов и соответствующих технологий, в том числе предложенных авторами настоящей работы, открывает систему новых возможностей для перехода строительного материаловедения на принципы создания материалов с заданными свойствами в диапазоне очень высоких значений их параметров.

Важно отметить, что преимущества нанобетонов обусловлены особой структурой, формируемой вследствие самоорганизации цементного камня на наноуровне. Использование новых технологий позволит улучшить экологические показатели строительных материалов и уменьшить вредное воздействие на атмосферу в процессе их производства. Вполне возможно, что развитие нанотехнологий приведет к появлению на строительном рынке принципиально новых видов материалов.

В настоящее время в мире зарегистрировано и выпускается промышленностью более 1 800 наименований наноматериалов. Самые развитые страны борются за лидерство в этой сфере. При этом доля США на рынках наукоемкой продукции составляет 36 %, Японии – 30 %, тогда как для Украины эта сфера является новой. В стра-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

нах Европы создаются научные лаборатории и центры по изучению наноматериалов. В то время как в Украине эта проблема носит, в основном, фрагментарный характер.

Решение этих задач должно быть выведено на государственный уровень, так как за нанотехнологиями стоит будущее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алферов, Ж. И. О состоянии и перспективах развития полупроводниковой электроники в России / Ж. И. Алферов // Нано- и микросистемная техника. – 2005. – № 8. – С. 2–19.
2. Иванова, А. П. Исследование долговечности центрально сжатых стержней с изменяющимися геометрическими характеристиками / А. П. Иванова // Науч. вестн. НГУ. – 2013. – № 3. – С. 87–92.
3. Коваленко, В. В. Исследование влияния размера заполнителя на прочность фибробетона на изгиб / В. В. Коваленко // Науч. вестн. НГУ. – 2011. – № 6. – С. 40–42.
4. Королев, Е. В. Модифицирование строительных материалов нанокремнеземными трубками и фуллеренами / Е. В. Королев, Ю. М. Баженов, В. Д. Береговой // Строит. Материалы–Наука. – 2006. – № 8. – С. 2–4.
5. Пономарев, А. Н. Перспективные конструкционные материалы и технологии, создаваемые с применением нанодисперсных фуллероидных систем / А. Н. Пономарев // Вопр. материаловедения. – 2001. – Т. 26, № 2. – С. 65.
6. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены : учеб. пособие / Э. Г. Раков. – М. : Логос, 2006. – 371 с.
7. Рудак, В. Н. Нанотехнологические аспекты оценки нормативных физико-механических характеристик конструкционного бетона в рамках теории скольжения микрополяризованной среды (мпс) при доверительной вероятности $v_{bkn1} = (1-1,64 \times 0,135 \times 0,01b_i)$ / В. Н. Рудак, Г. А. Молодченко, Д. В. Абракитов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 39. – С. 173–179.
8. Труфанова, О. И. Анализ перспектив развития бетонного производства в Украине с учетом структурирования самого бетона на наноуровне / Стр-во, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. – Д., 2014. – Вып. 75. – С. 247–250.
9. Шашенко, А. Н. Моделирование процессов накопления геометрических повреждений вследствие коррозии в стержнях при осевом растяжении / А. Н. Шашенко, А. С. Штельмах // Metallurg. и горноруд. пром-сть. – 2012. – № 5. – С. 75–78.
10. Юдович, М. Е. Поверхностно-активные свойства наномодифицированных пластификаторов / М. Е. Юдович, А. Н. Пономарев, С. И. Гареев // Строит. материалы. – 2008. – № 3. – С. 2–3.
11. Panek, J. The implementation of nanotechnology in concrete / J. Panek, S. Maguire // Engineering Freshman Engineering Conference (14.04.2012) : 12 Annual Conference / Pittsburgh : University of Pittsburgh Swanson School, 2012. – P. 1–5.
12. Solomon, G. Improved technique of dispersing carbon nano-tubes may help to revolutionize concrete / G. Solomon // J. of the Eden Energy. – December 2011. – Level 40. – P. 1–3.
13. Will, K. Nanoengineering ultra-high-performance concrete with multiwalled carbon nanotubes / K. Will, J. Loh // J. of the Transportation Research Board. – 2010. – № 2142. – P. 1–8.

Г. П. ИВАНОВА^{1*}, О. И. ТРУФАНОВА^{2*}

^{1*}Каф. «Будівництво, геотехніка і геомеханіка», ДВНЗ «Національний гірничий університет», пр. Карла Маркса, 19, Дніпропетровськ, Україна, 49000, тел. +38 (050) 45 29 945, ел. пошта ivaso94@mail.ru, ORCID 0000-0003-4219-7916

^{2*}Каф. «Будівництво, геотехніка і геомеханіка», ДВЗН «Національний гірничий університет», пр. Карла Маркса, 19, Дніпропетровськ, Україна, 49000, тел. +38 (066) 87 19 081, ел. пошта olga.trufanova.90@mail.ru, ORCID 0000-0001-8281-0354

АНАЛІЗ І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ БЕТОНУ

Мета. Метою проведеного дослідження була оцінка перспективи використання наноматеріалів у будівельних технологіях при одночасному дотриманні вимог по збереженню екологічної безпеки та раціональному використанні природних ресурсів. **Методика.** У ході проведення досліджень було вивчено та проаналізовано будівельні композити, зокрема бетони, що отримують на основі сировини, які навантажуються на масштабних мікро- і нанорівнях; промодельовані процеси деформування і руйнування наноструктурованих бетонів, в залежності від їх складу і технологічних параметрів отримання. **Результати.** Виробництво бетону безпосередньо

Doi 10.15802/stp2014/30453

© А. П. Иванова, О. И. Труфанова, 2014

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

залежить від компонентів, що входять до його складу. При видобуванні цих компонентів відбувається деградація земель через знищення ґрунту великими кар'єрами, що несе загрозу екології. У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні іншої концепції отримання будівельного бетону. В її основу повинна бути покладена нова галузь науки, яка базується на поняттях нанотехнологій, наноматеріалів та наноструктурування. Особливістю наноструктурованих бетонів є введення до їх складу нанодобавок (вуглецеві нанотрубки, механоактивовані доменні шлаки). Вивчення закономірностей деформування і руйнування бетону на основі механоактивованої сировини дозволить направлено впливати на структуру, фізико-хімічні, механічні та деформаційні властивості. **Наукова новизна.** Проведені дослідження показали, що наноструктуровані бетонні суміші мають велику рухомість. Міцність таких композитів підвищується на 13 % – без скорочення витрат цементу і на 8,8 % – при скороченні витрат цементу на 10 %. **Практична значимість.** Застосування структурованих бетонів на основі механоактивованої сировини дозволить підвищити ефективність переробки промислових відходів, поліпшити фізико-механічні та технологічні властивості одержуваних композитів. З точки зору економічної доцільності застосування наноструктурованого бетону є вигідним, так як він набирає високу міцність, при цьому вага та об'єм конструкції зменшується. Використання нових технологій дозволить покращити екологічні показники будівельних матеріалів та зменшити шкідливий вплив на атмосферу у процесі їх виготовлення.

Ключові слова: бетони; механоактивація; міцність; наноматеріали; наноструктурування; астралени

Н. Р. IVANOVA^{1*}, О. І. TRUFANOVA^{2*}

^{1*}Dep. «Construction, Geotechnics and Geomechanics», National Mining University, Karl Marx Av., 19, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49000, tel. + 38 (050) 45 29 945, e-mail ivaso94@mail.ru, ORCID 0000-0003-4219-7916

^{2*}Dep. «Construction, Geotechnics and Geomechanics», National Mining University, Karl Marx Av., 19, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49000, tel. +38 (066) 87 19 081, e-mail olga.trufanova.90@mail.ru, ORCID 0000-0001-8281-0354

ANALYSIS AND APPLICATION PROSPECTS OF EFFECTIVE RESOURCES-SAVING TECHNOLOGIES IN CONCRETE MANUFACTURE

Purpose. Prospectivity assessments of the nano-materials usage in construction technologies at the same time meeting the requirements of environmental safety and rational use of the natural resources. **Methodology.** During the study the building composites, in particular concretes, which are obtained on the base of the raw materials, which are introduced in the array of micro- and nanolevels were researched and analyzed. The deformation and deterioration processes of nanostructured concrete depending on their composition and manufacture parameters were simulated. **Findings.** Concrete manufacture is in the direct dependence on its components. Due to the extraction and processing of these components land degradation occurs because of soil destruction with oversize pits, which threatens the ecology of the environment. In this connection there is a need for another concept of building materials receiving for concrete manufacture. The new branch of science based on nanotechnologies, nanomaterials and nanostructuring is a key to its foundation. The special features of nanostructured concretes are the nanoagents in their composition (carbon nanotubes, mechanoactivated slags of blast furnace production). The study of deformation patterns and concrete deterioration based on the mechanoactivated material will purposefully affect the structure, physical and chemical properties, as well as the mechanical and deformational ones. **Originality.** The researches have shown that nano-structured concrete had high fluidity. The strength of such compositions is enhanced up to 13 % without reduction of concrete consumption and up to 8.8% at 10% reduced concrete consumption. **Practical value.** The application of the structured concretes based on the mechanoactivated material will increase the efficiency of the industrial wastes recycling and improve the physical, mechanical and technological properties of the produced composites. From the standpoint of the economic benefits, the application of the nano-structured concrete is profitable, as it develops high strength along with the decrease in the weight and volume of the constructions. The use of new technologies will improve the environmental performance of building materials and reduce the harmful effects on the environment during their production.

Keywords: concrete; mechanical activation; strength; nano-materials; nano-structuring; astralenes

REFERENCES

1. Alferov Zh.I. O sostoyanii i perspektivakh razvitiya poluprovodnikovoy elektroniki v Rossii [About the state and prospects of semiconductor electronics development in Russian]. *Nano- i mikrosistemnaya tekhnika – Nano and Microsystem Technology*, 2005, no. 8, pp. 2-19.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

2. Ivanova A.P. Issledovaniye dolgovechnosti tsentralno szhatykh sterzhney s izmenyayushchimisya geometricheskimi kharakteristikami [Investigation of centrally compressed bars life with varying geometric characteristics]. *Nauchnyy vestnik NGU – Scientific Bulletin of NSU*, 2013, no. 3, pp.87-92.
3. Kovalenko V.V. Issledovaniye vliyaniya razmera zapolnitelya na prochnost fibrobetona na izgib [Effect investigation of the filler size on strength of fiber-reinforced concrete on flexural]. *Nauchnyy vestnik NGU – Scientific Bulletin of NSU*, 2011, no. 6, pp. 40-42.
4. Korolev Ye.V., Bazhenov Yu.M., Beregovoy V.D. Modifitsirovaniye stroitelnykh materialov nanouglerodnymi trubkami i fullerenami [Modification of building materials with carbon nano tubes and fullerenes]. *Stroitelnyye Materialy–Nauka – Building Materials–Science*, 2006, no. 8, pp. 2-4.
5. Ponomarev A.N. Perspektivnyye konstruksionnyye materialy i tekhnologii, sozdavayemye s primeneniyyem nano-dispersnykh fulleroidnykh system [Promising construction materials and technologies that are created with the use of nano-disperse fulleroid systems]. *Voprosy materialovedeniya – Problems of Materials Science*, 2001, vol. 26, no. 2, p. 65.
6. Rakov Ye.G. *Nanotrubki i fullereny* [The nano-tubes and fullerenes]. Moscow, Logos Publ., 2006. 371 p.
7. Rudakov V.N., Molodchenko G.A., Abrakitov D.V. Nanotekhnologicheskiye aspekty otsenki normativnykh fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik konstruksionnogo betona v ramkakh teorii skolzheniya mikropolyarizovannoy sredy (mps) pri doveritelnoy veroyatnosti vbkni = (1-1,64×0,135×0,01bi) [Standart physical and mechanical carachteristics of consructial concrete and their nanotechnological valuation aspects in frame of the theory sliding into a micro-polarized sphere (mps) with an acceptable probability vbkni = (1-1,64 × 0,135 × 0,01bi)]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 36, pp. 173-179.
8. Trufanova O.I. Analiz perspektiv razvitiya betonogo proizvodstva v Ukraine s uchetom strukturirovaniya samogo betona na nanourovne [Analysis of prospects for the development of concrete manufacture in Ukraine, including the structuring of the concrete at the nanoscale]. *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, materials science, engineering], 2014, no. 75, pp. 247-250.
9. Shashenko A.N., Shtelmakh A.S. Modelirovaniye protsessov nakopleniya geometricheskikh povrezhdeniy vsledstviye korrozii v sterzhnyakh pri osevom rastyazhenii [Modeling the processes of accumulation of geometric damage due to corrosion in the bars under axial tension]. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost – Metallurgical and Mining Industry*, 2012, no. 5, pp. 75-78.
10. Yudovich M.Ye., Ponomarev A.N., Gareyev S.I. Poverkhnostno-aktivnyye svoystva nanomodifitsirovannykh plastifikatorov [Surface-active properties of nano-modified plasticizers]. *Stroitelnyye materialy – Building materials*, 2008, no. 3, pp. 2-3.
11. Panek J. The implementation of nanotechnology in concrete. Twelfth Annual Conference. Pittsburgh, March 2012, pp.1-5.
12. Solomon G. Improved technique of dispersing carbon nano-tubes may help to revolutionize concrete. *Journal of Eden Energy*, December 2011, level 40, pp.1-3.
13. Will K., Loh J. Nanoengineering ultra-high-performance concrete with multiwalled carbon nanotubes. *Journal of the Transportation Research Board*, December 2010, no. 2142, pp. 1-8.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. А. Н. Шашенко (Украина); д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Украина)

Поступила в редколлегию: 10.06.2014

Принята к печати: 28.07.2014