

*С Новым 2011 годом!  
Happy New Year 2011!*



## В HOMEPЕ:

## IN THE ISSUE:

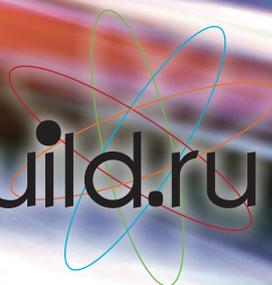
- **«Простор за пределом»,** или как нанотехнологии могут изменить мир бетона
- **«There's plenty of room at the bottom»,** or how nanotechnologies can change the world of concrete
- **Результаты исследований** по получению силикатных материалов и изделий с использованием наноструктурированных модификаторов и созданию защитного слоя на их поверхности
- **The results of the researches** aimed at obtaining silicate materials and products using nanostructured modifiers and creating protective layer on their surface
- **Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве»** награжден знаком «Инженерная доблесть» и Дипломом БГТУ им. В.Г. Шухова
- **Internet Journal «Nanotechnologies In Construction»** has been awarded with the sign «Engineering Valance» and Diploma of Shukhov BGTU
- **Результаты исследований** влияния металл-углеродных нанокompозитов на увеличение прочностных свойств бетонных и пенобетонных композитов: сверхмалые количества нанокompозита приводят к повышению прочности, зависящему от их состава
- **The results of the researches** studying influence of metal-carbon nanocomposites on the increasing strength of concrete and foam concrete composites: the minute quantities of nanocomposite lead to increase of the strength depending on their composition.

[www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)

e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)

из НАНО  
СТРОИТСЯ  
ГИГАуспех

Nanobuild.ru



# Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал

## Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal

Научно-техническая поддержка  
Российская инженерная академия

Scientific and technical support  
Russian Engineering Academy

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### EDITORIAL COUNCIL

#### Председатель редакционного совета

#### Chairman of the editorial council

**ГУСЕВ Борис Владимирович** – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, эксперт ГК «Роснанотех», доктор технических наук, профессор

**GUSEV Boris Vladimirovich** – editor-in-chief of electronic issue «Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal», president of Russian Academy of Engineering, member of Russian and International Engineering Academies, Associate Member of RAS, honoured man of science of RF, laureate of USSR and RF State prizes, expert of SC «Rosnanotech», Doctor of engineering, Professor

#### Члены редакционного совета

#### Members of the editorial council

**АНАНЯН Михаил Арсенович** – генеральный директор ЗАО «Концерн «Наноиндустрия», президент Национальной ассоциации наноиндустрии, академик РАЕН, доктор технических наук

**ANANYAN Mikhail Arsenovich** – Director general of CC «Concern «Nanoindustry», President of National association of nanoindustry, member of RANS, Doctor of engineering

**КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович** – директор Департамента научно-технической экспертизы, член Правления ГК «Роснанотех», доктор химических наук, профессор

**KALIUZHNIY Sergei Vladimirovich** – Director of Scientific and technical commission of experts, board member of SC «Rosnanotech», Doctor of Chemistry, Professor

**КОРОЛЬ Елена Анатольевна** – советник при ректорате, зав. кафедрой технологий строительного производства МГСУ, академик РИА, член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор;

**KOROL Elena Anatolievna** – Adviser of University Administration, Head of the Chair «Technologies of Construction Industry», Member of REA, Corresponding member of the RAACS, Doctor of Engineering, Professor

**ЛЕОНТЬЕВ Леопольд Игоревич** – член президиума РАН, академик РАН

**LEONTIEV Leopold Igorevich** – member of presidium of RAS, academic of RAS

**РОТОТАЕВ Дмитрий Александрович** – генеральный директор ОАО «Московский комитет по науке и технологиям», доктор технических наук, профессор

**ROTOTAEV Dmitry Alexandrovich** – Director general of PC «Moscow committee on science and technologies», Doctor of Engineering, Professor

**ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович** – ректор МГСУ, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

**ФЕДОСОВ Сергей Викторович** – ректор ИГАСУ, руководитель Ивановского отделения РИА, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

**ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович** – академик РААСН, председатель Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, начальник Управления академического научно-образовательного сотрудничества Воронежского ГАСУ, доктор технических наук, профессор

**ШАХПАЗОВ Евгений Христофорович** – генеральный директор ФГУП ГНЦ РФ «ЦНИИчермет» им. И.П. Бардина, академик РИА, почетный металлург РФ, лауреат премий Правительства СССР и РФ, доктор технических наук, профессор

**ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович** – директор Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, академик РАН

**TELICHENKO Valerij Ivanovich** – rector of MSUCE, member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, honoured man of science RF, Doctor of Engineering, Professor

**FEDOSOV Sergei Viktorovich** – rector of ISUAC, head of Ivanovo branch of REA, Member of the RAACS, honoured man of science of RF, Doctor of engineering, Professor

**CHERNYSHOV Evgenij Mikhailovich** – academic of RAACS, chairman of Central regional department of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, chief of Voronezh SUACE Department of academic scientific and educational cooperation, Doctor of Engineering, Professor

**SHAKHPAZOV Evgenij Khristoforovich** – Director general of FSUE «Bardin CSRIchernet», Academician of REA, Honored metallurgist of Russia, USSR and RF State prizes laureate, Doctor of Engineering, Professor

**SHEVCHENKO Vladimir Jaroslavovich** – Director of Grebenshikov Institute of silicate chemistry, member of RAS

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Председатель редакционной коллегии

**ГУСЕВ Борис Владимирович** – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, эксперт ГК «Роснанотех», доктор технических наук, профессор

## EDITORIAL BOARD

### Chairman of the editorial board

**GUSEV Boris Vladimirovich** – editor-in-chief of electronic issue «Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal», president of Russian Academy of Engineering, member of Russian and International Engineering Academies, Associate Member of RAS, honoured worker of science of RF, USSR and RF State prizes laureate, expert of SC «Rosnanotech», Doctor of engineering, Professor

**Члены редакционной коллегии**

**БАЖЕНОВ Юрий Михайлович** – директор НОЦ по нанотехнологиям МГСУ, академик РИА, академик РААСН, доктор технических наук, профессор

**ЗВЕЗДОВ Андрей Иванович** – президент ассоциации «Железобетон», первый вице-президент Российской инженерной академии, академик РИА и МИА, заслуженный строитель РФ, доктор технических наук, профессор

**ИСТОМИН Борис Семёнович** – ведущий сотрудник ЦНИИПромзданий, академик Международной академии информатизации, академик Академии проблем качества, доктор архитектуры, профессор

**МАГДЕЕВ Усман Хасанович** – зам. генерального директора по науке ЗАО «НИПТИ «Стройиндустрия», академик РААСН, лауреат премий Правительства СССР и РФ, доктор технических наук, профессор

**САХАРОВ Григорий Петрович** – профессор кафедры «Строительные материалы» МГСУ, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, почётный профессор МГСУ

**СТЕПАНОВА Валентина Фёдоровна** – зам. директора НИИЖБ – филиала ФГУП «НИЦ «Строительство», академик МИА, доктор технических наук, профессор

**ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович** – вице-президент ассоциации «Железобетон», академик РИА, лауреат премии Правительства РФ, Почетный строитель России, член Бюро Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), член технического комитета Американского института бетона ACI 236 D «Нанотехнологии в бетоне», профессор МГСУ

**Members of the editorial board**

**BAZHENOV Yury Mikhailovich** – Director of MSUCE's SEC on nanotechnologies, Academician of REA, Member of the RAACS, Doctor of Engineering, Professor

**ZVEZDOV Andrej Ivanovich** – President of the association «Reinforced concrete», the 1st Vice-president of Russian Engineering Academy, Member of REA and IEA, Honored constructor of Russia, Doctor of Engineering, Professor

**ISTOMIN Boris Semeonovich** – leading member of CSRI of industrial buildings, member of International Academy of Informatization, member of Academy of quality problems, Doctor of Architecture, Professor

**MAGDEEV Usman Khasanovich** – deputy director on science of CC «RDTI «Stroiindustria», member of RAACS, laureate of USSR and RF State prizes, Doctor of Architecture, Professor

**SAKHAROV Grigory Petrovich** – professor of the Construction materials Department of MSUCE, honoured man of science of RF, Doctor of Engineering, Professor, honoured professor of MSUCE

**STEPANOVA Valentina Feodorovna** – deputy director of Research Institute of Reinforced concrete – FSUE branch «RC «Construction», member of IEA, Doctor of Engineering, Professor

**FALIKMAN Vyacheslav Ruvimovich** – Vice-President of Association «Reinforced Concrete», Academician of REA, Russian Government Award Laureate, Honorary Builder of Russia, Member of International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) Bureau, Member of Technical Committee of American Concrete Institute ACI 236 D «Nanotechnologies in Concrete», Professor of MSUCE

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Гусев Б. В.</i> Развитие нанотехнологий – стратегическая задача инновационного развития России .....	6
<i>Фаликман В.Р., Соболев К.Г.</i> «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона. Часть 1 .....	17
Международная «Цементная торговая конференция» пройдет в Стамбуле (Турция) .....	32
<i>Ахметшина Л.Ф., Кодолов В.И., Терешкин И.П., Коротин А.И.</i> Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур на прочностные свойства бетонных композитов .....	35
Конкурс на соискание премии инноваций Сколково взял с места в карьер .....	47
<i>Урханова Л.А.</i> Силикатные материалы с наномодификатором .....	51
<i>Евтушенко Е.И., Сыса О.К.</i> Международная конференция с элементами научной школы для молодежи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» .....	60
<i>Шахпазов Е.Х., Зайцев А.И., Родионова И.Г.</i> Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката путем целенаправленного наноструктурирования высокопрочных низколегированных автолистовых сталей .....	68
<i>Беломытцева Е.Д.</i> Нанотехнологии в строительстве – на пороге новой реальности .....	88
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования .....	98
<i>В мире книг</i>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	99
Содержание журналов, вышедших в свет в 2010 году .....	104
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей .....	114

## NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL

## NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE: NAUCHNYJ INTERNET-ZHURNAL

**CONTENTS**


---

<i>Gusev B.V.</i> The development of nanotechnologies – strategic task of the country's innovation development .....	6
<i>Falikman V.R., Sobolev K.G.</i> «There's plenty of room at the bottom», or how nanotechnologies can change the world of concrete. Part 1 .....	17
International «Cement Trade Conference» will be held in Istanbul (Turkey) .....	32
<i>Akhmetshina L.F., Kodolov V.I., Tereshkin I.P., Korotin A.I.</i> The influence of carbon metal-containing nanostructures on the strength of concrete composites .....	35
Skolkovo Innovation Award: Great Variety of Applications Within The Short Terms .....	47
<i>Urkhanova L.A.</i> Silicate materials with nanomodificator .....	51
<i>Evtushenko E.I., Sysa O.K.</i> International Conference With the Elements of School of Scientific Thought for Youth «Ceramics And Refractories: Prospect Solutions And Nanotechnologies» .....	60
<i>Shakhpazov E.Kh., Zaytsev A.I., Rodionova I.G.</i> Increasing of the level and stability of hot-and cold-rolled metal characteristics using purposeful nanostructuring of high-strength low-alloy electric steels .....	68
<i>Belomytseva E.D.</i> Nanotechnologies in construction – on the threshold of new reality .....	88
On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting .....	98
<i>In the world of the books</i>	
Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies .....	99
Content of the journals published in 2010 (1–5) .....	104
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions .....	114

**ГУСЕВ Борис Владимирович,**  
главный редактор Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве»,  
сопредседатель высшего инженерного совета России,  
Президент Российской и Международной инженерных академий,  
член-корреспондент РАН, эксперт ГК «Роснанотех», доктор технических наук,  
профессор, Россия

**GUSEV Boris Vladimirovich,**  
Editor-in-Chief of Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction:  
A Scientific Internet-Journal», Co-chair of the Higher Engineering Council of Russian Federation,  
President of Russian and International Academies of Engineering,  
Associate Member of RAS, Expert of SC «Rosnanotech», Doctor of Engineering,  
Professor, Russian Federation

---

## РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ – СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

## THE DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES – STRATEGIC TASK OF THE COUNTRY'S INNOVATION DEVELOPMENT

---

Созидательная деятельность инженерного корпуса страны является существенным фактором для ее динамичного социально-экономического развития, повышения конкурентоспособности на мировом рынке, формирования положительного имиджа России, как высокотехнологичного государства с развитой экономикой. В строительной отрасли необходимо участие научно-технических и инженерных кадров, прежде всего, в развитии нанотехнологий, инновационных строительных технологий, нацеленных на создание комфортных и экологичных строительных материалов и архитектурных форм нового поколения.

Creative activity of the country's engineer corps is an important factor for its rapid social and economic development, increase of competitive ability on the world market, formation of positive image of Russia as a high technological state with developed economy. Construction needs scientific and technical engineers, first of all, in order to develop nanotechnologies, innovation building technologies aimed at creating comfortable and ecologically friendly building materials and architectural forms of new generation.

**Ключевые слова:** Съезд инженеров России, Всероссийская научно-техническая конференция, Высший инженерный совет, модернизация экономики, нанотехнологии в строительстве и ЖКХ.

**Key-words:** Congress of Russian Engineers, All-Russian Scientific and Technical Conference, Higher Engineering Council, modernization of economy, nanotechnologies in construction and housing and communal services.

**З**авершается 2010 год. Для нас с вами он особенно знаменателен – именно в этом году состоялись II Съезд инженеров России и Всероссийская научно-техническая конференция по инновационным технологиям, которые прошли 25–26 ноября во Всероссийском институте легких сплавов в Москве.



В работе съезда и конференции приняли участие 275 человек, представляющих 49 субъектов Российской Федерации, в том числе 8 республик, 32 области, 6 краев, 1 автономный округ, города Москва и Санкт-Петербург.

Для работы съезда был избран президиум в количестве 21 человека из числа представителей органов исполнитель-

ной и законодательной федеральной и региональных властей, видных организаторов производства, руководителей научных и образовательных учреждений, крупных ученых, представителей общероссийских общественных организаций.

Председателями съезда были сопредседатели Оргкомитета Н.И. Рыжков и Б.В. Гусев.

На съезде был избран новый состав Высшего инженерного совета России (ВИС) в количестве 120 человек, в том числе 30 членов президиума, представляющих 45 субъектов Российской Федерации.

Сопредседателями ВИС избраны:

- **Сергей Михайлович Миронов** – Председатель Совета Федерации, ФС РФ;
- **Николай Иванович Рыжков** – Президент Российского союза товаропроизводителей, член Совета Федерации ФС РФ;
- **Борис Владимирович Гусев** – Президент Российской инженерной академии.



*Редакция, редакционный совет и редакционная коллегия, авторы и читатели Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» сердечно поздравляют главного редактора издания Бориса Владимировича ГУСЕВА с избранием сопредседателем Высшего инженерного совета России и желают ему крепкого здоровья, благополучия и новых творческих успехов!*

По результатам работы были приняты: резолюция, декларация участников и гостей съезда, обращения к Президенту и Председателю Правительства Российской Федерации.

Для осуществления ревизии финансовой деятельности ВИС и контроля за соблюдением законодательства участники съезда избрали Контрольно-ревизионную комиссию в составе 5 человек.

Считая приоритетным направлением работы улучшение социально-экономических условий жизни общества, участники съезда отметили, что для решения этой важнейшей задачи необходимо создание таких законодательных, организационных, общественных условий на федеральном и региональном уровне, которые будут максимально благоприятствовать эффективному труду ученых и инженеров на благо страны и будущих поколений; что успешность и высокая эффективность инженерного труда во многом зависят от самого инженерного сообщества, его организованности и нацеленности на решение общих стратегических задач инновационного развития страны.

Для этой цели необходимо участие научных, инженерно-технических и инженерных кадров в следующих актуальных для страны технологических направлениях:

- развитие информационных технологий;
- развитие нанотехнологий;
- роботизация промышленных производств;
- развитие радиоэлектронной промышленности;

- получение качественно новых материалов, включая развитие современного материаловедения;
- развитие новейших систем связи, в том числе, космической;
- развитие оптоэлектроники, наноэлектроники и новой архитектуры вычислительных средств;
- широкое использование микромеханики, мехатроники при создании управления для машин и механизмов;
- разработка и внедрение энергосберегающих технологий, включая нетрадиционные энергетические технологии и установки, создание эффективных систем передачи электроэнергии на значительные расстояния;
- создание нового поколения ядерных реакторов и топливных элементов;
- производство новых видов топлива;
- разработка специальной техники, способной работать в сложных климатических и экстремальных условиях, а также агрессивных средах;
- развитие транспортной инфраструктуры, включая развитие традиционных и новых экологически чистых видов транспорта, мобильных линий метрополитена и скоростного железнодорожного транспорта;
- развитие и внедрение технологий, нацеленных на экологическую защиту природы и человека, в том числе по получению и очистке пресной воды, включая питьевую;
- модернизация и дальнейшее развитие высокотехнологичных секторов экономики, включая оборонно-промышленный комплекс;
- развитие химической промышленности и биотехнологий;
- переход к качественно новому технологическому оснащению и развитию добывающих отраслей промышленности, делая приоритетным получение конечного, а не сырьевого продукта;
- развитие инновационных строительных технологий, нацеленных на создание комфортных строительных материалов и архитектурных форм нового поколения и др.



В ходе работы съезда и научно-технической конференции по актуальным вопросам инженерной деятельности и инновационной модернизации экономики страны выступили руководители организаций и предприятий, ведущие ученые и специалисты, сотрудники НИИ и КБ.

Среди них:

**Б.В. Гусев**, сопредседатель высшего инженерного совета России, президент Российской и Международной инженерных академий, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. – *«О работе Высшего инженерного совета и инженерного сообщества России от съезда к съезду. Об изменениях в Уставе Высшего инженерного совета»*;

**В.Л. Александров**, генеральный директор ОАО «Адмиралтейские верфи», Герой России (г. Санкт-Петербург) – *«О перспективах развития отечественной судостроительной промышленности»*;

**Д.А. Рототаев**, генеральный директор Московского комитета по науке и технологиям, д-р техн. наук, проф. – *«Использование интеллектуального потенциала и создание интеллектуальной собственности»*;

**А.М. Кузнецов**, руководитель Иркутского отделения РИА, д-р техн. наук, проф. – *«О роли инженеров в развитии инновационной деятельности в Иркутской области»*;

**А.С. Аджемов**, ректор Московского технического университета связи и информатики, д-р техн. наук, проф. – *«Современная подготовка инженеров в высших учебных заведениях на примере Московского технического университета связи и информатики»*;

**П.А. Полад-заде**, председатель Совета директоров ОАО «Водстрой» – *«Вода и вызовы нового времени»*;

**А.В. Комяков**, генеральный директор ФГУП НПО «Полет» (г. Нижний Новгород) – *«Состояние и перспективы развития техники авиационной радиосвязи»*;

**В.Ф. Филаретов**, руководитель Дальневосточного отд. РИА, д-р техн. наук, проф. (г. Владивосток) – *«Повышение производительности труда. Автоматизация производственных процессов и создание роботизированных комплексов»*;

**В.П. Занин**, генеральный директор НПП «Сигнал», канд. эком. наук (г. Санкт-Петербург) – *«К вопросам модернизации реального сектора экономики»*;

**В.А. Никулин**, руководитель Удмуртского отделения РИА, д-р техн. наук, проф. (г. Ижевск) – *«Приоритетные инженерные задачи в первой половине XXI века»*;

**А.А. Збрицкий**, ректор Государственной академии профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы – ГАОПО «ГАСИС», д-р техн. наук, проф. – *«О системе повышения квалификации и профессиональной переподготовки инженерных кадров»* и многие другие.

Всего в ходе работы съезда и конференции было заслушано 42 доклада и выступления. Для ознакомления участникам и гостям съезда дополнительно были представлены 43 стендовых доклада.

На объявленный Высшим инженерным советом и Российской инженерной академией конкурс в области науки и техники поступило 300 работ из 18 регионов России. По его результатам были награждены дипломами Лауреата 98 юридических и физических лиц, в том числе с вручением ордена «Инженерная слава» 1 человек, знака «Инженерная доблесть» 7 организаций и 11 человек, медали «Инженерная слава» 8 организаций и 40 человек. Поощрительными дипломами были награждены 5 участников конкурса.

**Оргкомитет выражает признательность всем, кто принял участие в подготовке и проведении II Съезда инженеров России и научно-технической конференции.**

Как отметили участники II Съезда инженеров России и Всероссийской научно-технической конференции по инновационным технологиям, актуальными для страны технологическими направлениями в строительной отрасли являются: развитие нанотехнологий, инновационных строительных технологий, нацеленных на создание комфортных и экологичных строительных материалов и архитектурных форм нового поколения, получение качественно новых материалов, включая развитие современного материаловедения.

Действительно, нанотехнологии и nanoиндустрия являются в настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития науки, технологий и промышленности. Во многих странах разраба-

тываются новые виды продукции, которые уже появились или появятся на рынке через несколько лет.

Важнейшая роль в информационном обеспечении процесса создания и внедрения нанотехнологической продукции отводится средствам массовой информации. Поэтому по инициативе Российской инженерной академии, являющейся соучредителем Высшего инженерного совета России, было создано периодическое научное издание «Нанотехнологии в строительстве». Появление издания, в котором публиковалась бы аналитическая информация о нанотехнологиях в строительстве, очень важно для развития отрасли и nanoиндустрии в целом.

Учитывая, что в настоящее время всё более широкое распространение в мире приобретают информационные технологии, была выбрана электронная форма периодического распространения издания, охватывающая очень широкий круг читателей. Создание и использование электронных научных изданий приобрело особое значение как средство научной коммуникации в образовательной и научной среде. Возможность публикации результатов научных исследований в электронных изданиях, особенно размещенных в Интернете, представляет значительный интерес для соискателей ученых степеней и инженерного сообщества в целом.

**За сравнительно короткий срок редакции электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» удалось достичь очень многого.**

В каждом номере электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» публикуется передовая и достоверная информация о наноматериалах и нанотехнологиях, применяющихся, прежде всего, в строительной отрасли и жилищно-коммунальном хозяйстве, новых видах продукции nanoиндустрии, которые должны появиться на рынке в ближайшее время. Среди авторов – ведущие

ученые и специалисты вузов, научно-исследовательских институтов и нанотехнологических центров, учреждений и предприятий, фирм-производителей продукции nanoиндустрии из различных регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.



Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включено в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации, систему Российского индекса научного цитирования, внесено в Международную систему данных по периодическим изданиям, что особенно актуально для молодых специалистов, соискателей ученых степеней и званий, т. е. для всех, кого называют «кадровым резервом».

Растет число мероприятий, в которых Интернет-журнал принимает участие и информационную поддержку которых он осуществляет, а, соответственно, растет и авторитет издания. Среди этих мероприятий:

- II Съезд инженеров России и Всероссийская научно-техническая конференция (г. Москва);
- международная специализированная выставка «Нанотехнологии» и международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии и наноматериалы в промышленности» (г. Казань);
- научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству» (г. Фрязино, Моск. обл.);
- международный симпозиум «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций» и международная конференция «Физика твердого тела» (ВКГТУ им. Д.М. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск);
- международная конференция с элементами научной школы для молодёжи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород) и др.

Среди участников и гостей мероприятий были руководители и специалисты организаций и предприятий, ученые, преподаватели вузов, сотрудники НИИ и научных центров из различных регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья, которые высоко оценили научно-технический уровень материалов и качество представления информации в издании.

Научный Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» и Интернет-портал NanoNewsNet в 2010 году провели II Международную научно-практическую online-конференцию «Применение нанотехнологий в строительстве» (отчет опубликован в журнале № 5/2010). В мероприятии приняли участие ведущие ученые и специалисты Российской академии наук, Российской инженерной академии, Российской акаде-

мии архитектуры и строительных наук, ГК «Роснанотех», Московского государственного строительного университета, Пермского государственного технического университета, Самарского государственного архитектурно-строительного университета, Восточно-Сибирского государственного технологического университета, Тверского государственного университета, Международной инженерной академии, Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), Технического комитета по нанотехнологиям Американского института бетона, Мексиканской академии наук и др.



Учитывая пожелания участников, в 2011 году пройдет III Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве».

**За активное участие в продвижении продукции nanoиндустрии, высокую оперативность работы редакции, активное участие в мероприятиях по nanoиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий, имеющих актуальное и перспективное научно-практическое значение, электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» отмечено дипломами, сертификатами и благодарностями различных профессиональных и общественных организаций, организаторов мероприятий, среди которых:**

- Национальная ассоциация nanoиндустрии;
- Российское общество инженеров строительства;
- Московский комитет по науке и технологиям;
- Башкирский государственный университет;
- Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;
- организаторы выставки «Нанотехнологии»;
- организаторы выставки «Изделия и технологии двойного назначения» и др.

**За заслуги в популяризации предметной области nanoиндустрии в строительстве, повышение доверия потребителей к продукции отечественной nanoиндустрии, а также активное участие в создании единого информационного пространства национальной нанотехнологической сети электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» награждено знаком «Инженерная доблесть».**

**Б.В. ГУСЕВ** Развитие нанотехнологий – стратегическая задача инновационного развития России



Значительных успехов в становлении и развитии электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» за столь короткий период времени удалось достигнуть благодаря высокому качеству авторских материалов, активной помощи членов редсовета и редколлегии, руководителей и специалистов организаций-партнёров, добросовестной работе сотрудников редакции. Когда мы видим, что наши общие усилия находят реальное воплощение, это становится самой большой наградой за проделанную работу.



Редакция, редакционная коллегия и редакционный совет благодарят **В.В. Белова, С.В. Калюжного, Д.А. Рототаева, В.И. Теличенко, В.Р. Фаликмана, К.Г. Соболева, И.А. Массалимова, Е.Х. Шахпазова, А.И. Зайцева, В.П. Кузьмину, Е.Д. Беломытцеву, А.С. Резниченко, С.Р. Муминову, Л.А. Урханову, А.А. Кетова, С.Ф. Коренькову, А.Ш. Чердабаева, К.А. Бисенова** и многих других за активное участие в работе электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» и надеются на дальнейшее сотрудничество.

*Сердечно поздравляю членов редакционного совета и редакционной коллегии, сотрудников редакции, авторов и читателей Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» с Новым 2011 годом!*

*Желаю крепкого здоровья и долголетия, счастья, радости, исполнения желаний, новых свершений и новых побед!!!*

*Счастливого Нового года!!!*

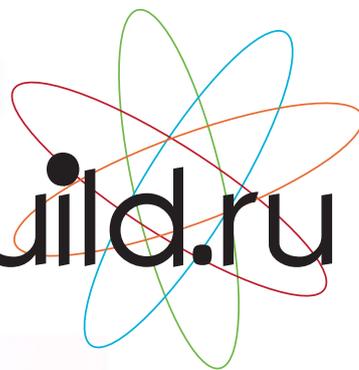


*Счастья, радости  
и исполнения желаний  
в Новом 2011 году!*

*Happiness, Joy  
and Fulfillment of Your Wishes  
In New Year 2011!*

из НАНО строится ГИГАуспех

Nanobuild.ru



GIGAsuccess is built from NANO



Редакция Интернет-журнала  
«Нанотехнологии в строительстве»

e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)

**В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ** «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

УДК 691.32

**ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович**, действительный член РИА, профессор Национального исследовательского университета МГСУ, Россия

**СОБОЛЕВ Константин Геннадиевич**, доцент Университета Висконсин-Милуоки, США, председатель Технического комитета ACI 236D по нанотехнологиям в бетоне

**FALIKMAN Vyacheslav Ruvimovich**, Full Member of REA, Professor of National Research University MSUCE, Russian Federation

**SOBOLEV Konstantin Gennadievich**, Associate Professor of University of Wisconsin-Milwaukee, USA, Chairman of Technical Committee ACI 236D on nanotechnologies in concrete of American Concrete Institute

---

## «ПРОСТОР ЗА ПРЕДЕЛОМ», ИЛИ КАК НАНОТЕХНОЛОГИИ МОГУТ ИЗМЕНИТЬ МИР БЕТОНА

### Часть 1

## «THERE'S PLENTY OF ROOM AT THE BOTTOM», OR HOW NANOTECHNOLOGIES CAN CHANGE THE WORLD OF CONCRETE

### Part 1

---

Современное строительство немислимо без бетона. Более 4 млрд м<sup>3</sup> в год – таков сегодня мировой объем его производства. Бетон применяется в самых разных эксплуатационных условиях, гармонично сочетается с окружающей средой, имеет неограниченную сырьевую базу и сравнительно низкую стоимость. К этому следует добавить высокую архитектурно-строительную выразительность, сравнительную простоту и доступность технологии, возможность широкого использования местного сырья и утилизации техногенных отходов при его изготовлении, малую энергоемкость, экологическую безопасность и эксплуатационную надежность. Именно поэтому бетон, без сомнения, останется основным конструкционным материалом и в обозримом будущем.

It's quite impossible to imagine modern construction without concrete. Today the world volume of concrete being produced is more than 4 milliard of m<sup>3</sup> per year. Concrete is used under different operational conditions, it is ecologically friendly material and it has unlimited source of raw materials and comparatively low cost.

One should also mention its high architectural and construction expression, comparative simplicity and accessibility of technology, opportunity to use widely local raw materials and anthropogenic wastes utilization in its production, low energy intensity, ecological safety and operational reliability. Undoubtedly it is the reason why concrete will remain the main building material in the foreseeable future.

**Ключевые слова:** применение нанотехнологий в строительстве, наномодификаторы в бетонных композициях, наноструктурированные модификаторы, бесклинкерные вяжущие вещества, гиперпластификаторы, механоактивация, наноразмер.

**Key-words:** application of nanotechnologies in construction, nanomodifiers in concrete compositions, nanostructured modifiers, non-clinker binders, hyperplasticizers, mechanoactivation, nanosize.

Последние десятилетия ознаменовались значительными достижениями в технологии бетона. В эти годы появились и получили широкое распространение новые эффективные вяжущие, модификаторы для вяжущих и бетонов, активные минеральные добавки и наполнители, армирующие волокна, новые технологические приемы и методы получения строительных композитов. На рубеже прошлого столетия существенно обогатились наши представления о структуре и свойствах бетона, о процессах структурообразования, на новый уровень вышли физико-химические исследования, появилась возможность прогнозирования свойств и активного управления характеристиками материала, успешно развивается компьютерное проектирование бетона и автоматизированное управление технологическими процессами.

В строительстве ограничения в использовании современных конструкционных материалов обычно связаны с тем, что увеличение прочности приводит к снижению пластичности. Уменьшение размеров структурных элементов, образование специфических непрерывных нитевидных структур, формирующихся в результате трехмерных контактов между наночастицами разных фаз, ведет к коренному улучшению их эксплуатационных характеристик.

Приближение очередной индустриальной революции, прямо связанной с применением нанотехнологий, было впервые предсказано в знаменитой лекции лауреата Нобелевской премии Ричарда П. Фейнмана «Простор за пределом», прочитанной в 1959 году в Калифорнийском технологическом институте [1]. Революционное развитие в областях физики, химии и биологии за последние 25 лет подтвердили идеи Фейнмана о возможности манипуляции и контроля процессов в предельно малом масштабе – на уровне молекул и атомов или в наномасштабе [2–5].

Одно из ранних описаний нанотехнологий было приведено Дрекслером, который определил их как «управление посредством высокоточных систем процессами, ... а также продуктами и процессами молекулярного производства, включая молекулярные аппараты» [2]. По Ватмору и Корбетту, предмет нанотехнологии включает «почти любые

В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

материалы или агрегаты, которые структурированы на нанометрическом уровне с целью исполнения определенных функций или получения определенных характеристик, которые не могут быть достигнуты другими способами» [5].

Нанотехнология сегодня – междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Согласно «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года», нанотехнология определяется как совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие *принципиально новые качества*, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

В то время как наука о нанотехнологиях («нанонаука») сравнительно молода, сами объекты и агрегаты с наноразмерами существуют на Земле столько же, сколько существует на планете жизнь. Так, доказано, что исключительные механические свойства биоматериалов – костей животных или раковин моллюсков, объясняются присутствием нанокристаллов соединений кальция [4]. Например, нанокompозитный материал раковин моллюсков, называемых «морскими ушками» (*abalone*, семейство *Haliotis*), состоит из наноразмерных частиц карбоната кальция, связанных между собой клеящим составом на основе смеси белков. Этот тип наноструктур, обеспечивающих блокирование трещин и рассеивание энергии, придает раковине чрезвычайно высокую прочность и ударную вязкость. Более глубокое понимание и подражание процессу «обратного» построения, успешно применяемого природой, является одним из самых перспективных направлений нанотехнологии [1]. Недалек день, когда реализуется «голубая мечта» всех исследователей, работающих в области строительного материаловедения – за счет направленной кристаллизации кальциевых солей из органоминерального геля будут получены гибридные биоматериалы, имитирующие раковины моллюсков.

При уменьшении размеров материалов от макро- до наноразмера, происходят значительные изменения в электронной проводимости, оптическом поглощении, химической реакционной способности и в механических свойствах. Уменьшение размеров частицы, помимо более чем заметного изменения показателя удельной поверхности нанопорошков, влечет за собой серьезные изменения в значениях поверхностной энергии и морфологии поверхности. В результате все эти факторы изменяют основные свойства и химическую реакционную способность наноматериалов [1, 5, 6]. Например, одна из основных характеристик твердого материала – температура плавления – с уменьшением размеров частиц заметно снижается [3, 7–9].

Уникальность структурных характеристик, энергетики, чувствительности, динамики и химии наноструктур до сих пор до конца не познана и переводит исследователей на новый экспериментальный и концептуальный уровень нанонауки. Разработка соответствующих методов контроля свойств и реакций наноструктур может привести к созданию новых устройств и технологий.

Идеальными «кандидатами» для применения принципов наноправления и контроля свойств являются бетоны – композиционные материалы, структура которых включает гидратные фазы цемента с размером частиц 1–100 нм, зерна исходного цемента, химические и минеральные добавки, наполнители и заполнители (рис. 1).

Большинство недавних исследований по использованию принципов нанотехнологий в бетоне было сосредоточено на изучении структуры цементных материалов и механизмов их разрушения [2, 11, 12, 15].

Гидратация цемента является экзотермическим процессом, который включает ряд сложных, определяющих его кинетику химических реакций. Минеральные и химические добавки, часто используемые в современной технологии бетона, также влияют на гидратацию цемента и структурообразование цементного камня. В цементном камне доминируют гидросиликаты кальция (C–S–H), но он также содержит гидроксид кальция (СН), этtringит (AFt), моносulfат (AFm) и определенные количества других термодинамически неустойчивых, но кинетически формирующихся новообразований (гидрограната и т. п.).

С помощью нового инструментария стало возможным наблюдение структуры цементных композитов на уровне атома и определение прочности, твердости и других основных свойств материалов в микро-

В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

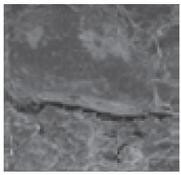
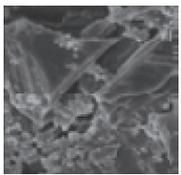
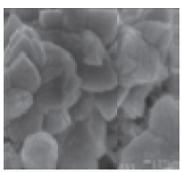
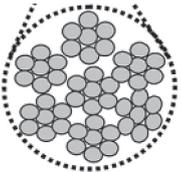
<b>Уровень III</b> Бетон, Растворная часть, $> 10^{-3}$ м		Цементный камень плюс песок и заполнители. Со временем – межфазная переходная зона.
<b>Уровень II</b> Цементный камень $< 10^{-4}$ м		Матрица С–S–Н плюс клинкерные фазы, кристаллы СН и макропористость.
<b>Уровень I</b> Матрица С–S–Н $< 10^{-6}$ м		Фазы С–S–Н высокой и низкой плотности (включая гелевую пористость).
Уровень «0» С–S–Н $10^{-9}$ – $10^{-10}$ м		Фаза С–S–Н (включая глобулы и внутриглобулярную нанопористость) плюс межглобулярная гелевая пористость.

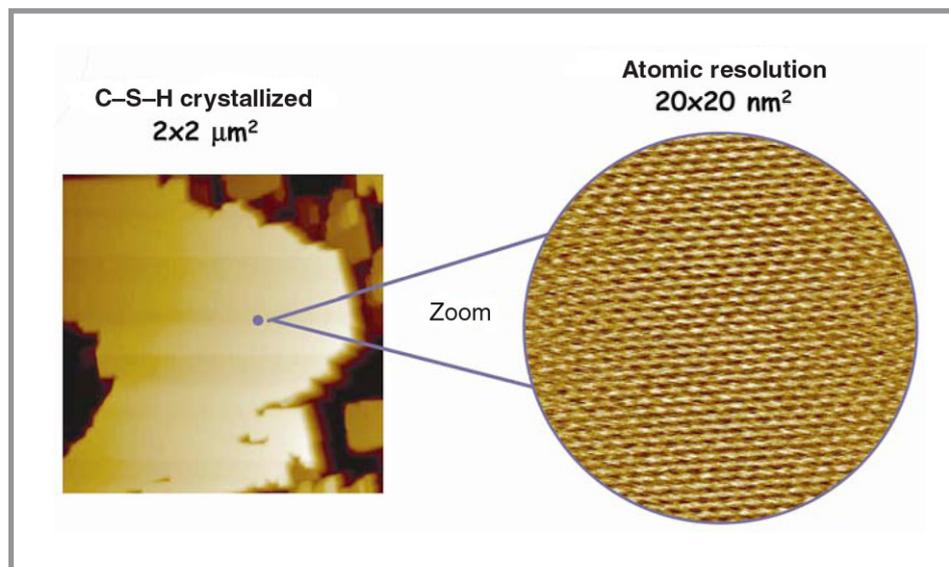
Рис. 1. Представление о гетерогенной микроструктуре цементного композита (адаптировано из [39])

и нанофазах [11]. Так, например, применение атомной силовой микроскопии (*Atomic Force Microscopy – AFM*) для исследований структуры «аморфного» геля С–S–Н позволило обнаружить [16], что на наноуровне этот продукт обладает высокоупорядоченной структурой (рис. 2).

Атомная микроскопия гладкой поверхности гидратированного алита показывает, что элементы дисперсной фазы (насыщенный известковый раствор является дисперсионной средой) существуют в виде агрегированных наночастиц С–S–Н. Гель С–S–Н гидратированного цементного теста состоит из сети пластинок наночастиц, размер которых по результатам атомной микроскопии составляет  $60 \times 30$  нм<sup>2</sup>, а толщина 5 нм.

С помощью ядерного магнитного резонанса можно зафиксировать образующиеся в ходе реакции гидратации различные поверхностные слои. Так, поверхностный слой толщиной в 20 нм работает как полупроницаемая мембрана, которая позволяет воде проникать внутрь частицы цемента и выщелачивать ионы кальция. Однако более крупные

*В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона*



**Рис. 2. Высокоупорядоченная структура геля C–S–H (Ca/Si = 0,9) на наноуровне [16]**

силикатные ионы новообразований «улавливаются» этой мембраной, под поверхностным слоем при отсутствии ионов  $\text{Ca}^{2+}$  образуются полимеризованные силикатные тетраэдры в виде геля, что, в свою очередь, вызывает набухание цементных частиц и приводит к разрушению поверхностного слоя. Это разрушение позволяет поглощать силикатные ионы и формировать C–S–H-гель, который связывает частицы цемента вместе и отвечает за прочность бетона.

Ричардсоном [42] детально изучена наноструктура C–S–H, образовавшаяся при восьмилетней гидратации  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  или портландцемента при В/Ц = 0,4 при 20 и 80°C. Методом просвечивающей электронной микроскопии им был исследован C–S–H как в «наружном», так и во «внутреннем» продуктах гидратации. Оказалось, что C–S–H «внутреннего» продукта, образованный из больших частиц  $\text{C}_3\text{S}$ , морфологически сложен из плотных мелких почти округлых частиц размером 4–6 нм. Волокна C–S–H «внешнего» продукта, по-видимому, состоят из большого числа длинных тонких частиц, расположенных вдоль одной оси. Минимальный диаметр этих частиц, также как частиц «внутреннего» продукта, составляет около 3 нм, однако их длина может составлять от нескольких до многих десятков нанометров.

C–S–H можно условно рассматривать как гель, но не обязательно аморфный – в нем наблюдается определенный ближний порядок.

В пользу его кристаллического состояния свидетельствует наличие гало на дифрактограммах, которое всегда заметно, если C–S–H получен при гидратации силикатов кальция в системе CaO–SiO<sub>2</sub> из водной суспензии. Уширение дифракционных линий на дифрактограмме связано с малым размером упорядоченных участков, с наличием микродефектов, либо с взаимодействием обоих этих факторов. Частицы C–S–H очень малы, и даже если они представляют собой один кристалл толщиной 5 нм, этот размер соответствует двум кристаллическим ячейкам. Практически все частицы C–S–H имеют наноразмер.

Переход на нанометрический уровень феноменологического анализа дает принципиально новые возможности *поромеханического* изучения цементных систем (глобулы геля C–S–H, включая внутриглобулярную и межглобулярную пористость).

Под термином «поромеханика» обычно понимают изучение пористых материалов, на механическое поведение которых значительное влияние оказывает поровая жидкость.

На наноуровне, который для цементных материалов располагается сразу за атомным, физическая химия прямо встречается с механикой – здесь свойства материала определяются физико-химическими параметрами процесса формирования последнего.

С точки зрения поромеханики, глобулы геля C–S–H, в которых заключено 18% внутренних нанопор, заполненных структурной водой, являются «элементарной твердой фазой» (ЭТФ) любого материала на основе цемента. Эта твердая фаза имеет характеристические размеры порядка  $5,6 \times 10^{-9}$  м и ответственна за все пороупругие свойства. В зависимости от типа упаковки ЭТФ различают гели низкой плотности – LDG (37% пор) и высокой плотности – HDG (24% пор). Пороупругие константы и тех, и других являются универсальными величинами, предопределяя в совокупности поведение цементных материалов при высушивании, под нагрузкой и при старении. Таким образом, понимание этих механизмов открывает возможности направленного регулирования структуры и свойств вновь создаваемых цементных композитов.

Ульм [40] изучал на наноуровне механическое поведение бетона и его первичного компонента – цементного камня. Он показал (рис. 3), что «базовые блоки» цементного камня на наноуровне – гидросиликаты кальция C–S–H образованы «самосборкой» глобул двух структурно различающихся, но химически идентичных фаз, каждая из которых име-

В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

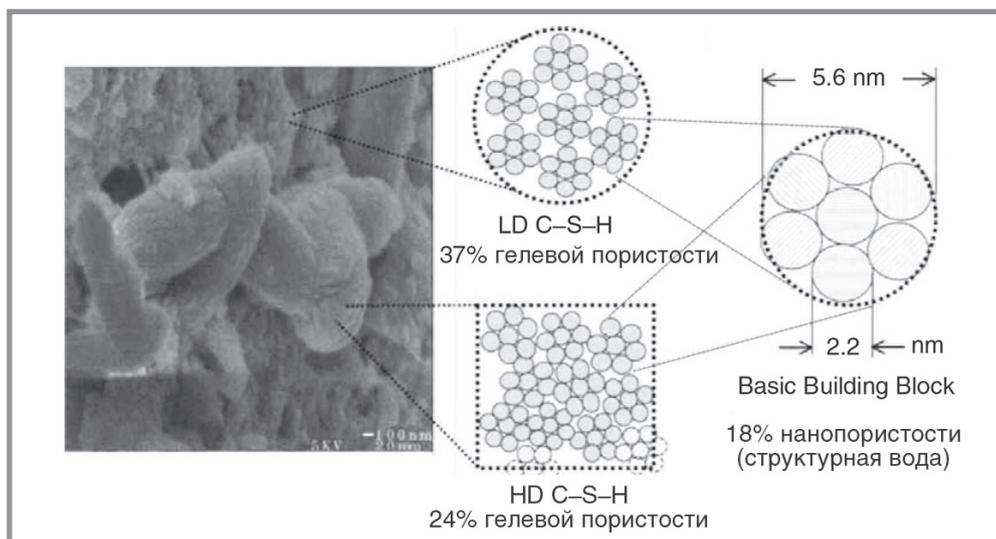


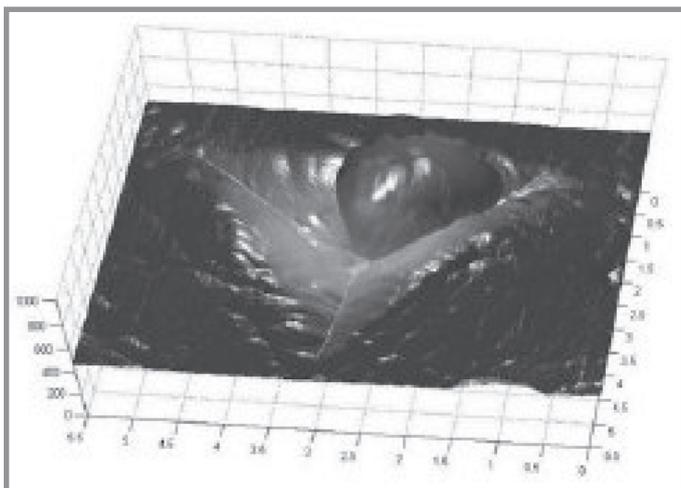
Рис. 3. Коллоидная модель С–S–Н по Дженнингу [39]: гелевая пористость против нанопористости (уровень «0»)

ет максимально допустимую плотность сферической упаковки – 64% для геля низкой плотности (LDG) и 74% – для геля высокой плотности (HDG).

Ульм и Вандамм [41] полагают, что ползучесть бетона объясняется перегруппировкой наноразмерных частиц С–S–Н с изменением их плотности: одни из них становятся более «рыхлыми», а другие – более плотно упакованными. Ими показано, что третья, более плотная, фаза С–S–Н может быть получена при тщательном и умелом управлении приготовлением бетонной смеси с микрокремнеземом, который заполняет пространство между наногранулами С–S–Н, обычно заполненное водой. Это приводит к повышению плотности С–S–Н-геля до 87%, что, в свою очередь, в значительной степени препятствует перемещению глобул С–S–Н с течением времени. Таким образом, рассматривая поведение цементного камня с микрокремнеземом на наношкале, становится понятным, почему добавление микрокремнезема снижает ползучесть бетона, что, в свою очередь, открывает путь к получению высокоупакованных материалов с медленной ползучестью.

Ульм и Вандамм смогли выполнить свои исследования, используя наноидентификационное оборудование, что позволило им «прощупывать» и зондировать С–S–Н-фазу с приложением нагрузки и за минуты измерить характеристики ползучести, которые были подтверждены многолетними экспериментами на макроуровне (рис. 4).

**В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ** «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона



**Рис. 4.** Отпечаток, оставленный наноиdentером на частице цементного камня. Маленький шарик наверху в центре – ультратонкий кусочек пыли на поверхности. *Photo / Chris Bobko*

Экспериментально установлено, что скорость ползучести имеет логарифмическую зависимость. Это означает, что замедление ползучести повышает долговечность экспоненциально. Математически показано, что ползучесть может быть замедлена в 2,6 раз. Это оказывает поистине уникальное влияние на долговечность: емкости для хранения ядерных отходов, проектируемые сегодня на срок службы 100 лет, будучи изготовлены из современных ультравысокоплотных (UHD) бетонов, могут служить 16000 лет.

Проникновение в наноструктуру уравнивает бетон с высокотехнологичными материалами, микроструктура которых может быть «запроектирована» на наноуровне по специфическим функциональным критериям: прочности, долговечности, пониженному уровню воздействия на окружающую среду.

Специалисты сегодня считают, что ультравысокоплотные (UHD) бетоны могут изменить основы проектирования конструкций, а также оказать огромное влияние на сохранение окружающей среды, поскольку бетон является наиболее распространенным на Земле материалом, изготавливаемым человеком: более 20 млрд т в год с ежегодным ростом в 5%. Это связано с использованием и переработкой огромных материальных ресурсов. Повышение долговечности бетона фактически означает, что будет требоваться меньше сырья и строительных материалов, а частота ремонтов конструкций заметно снизится.

Тонкие ажурные конструкции всегда были наиболее чувствительны к проявлениям деформаций ползучести. С новым пониманием бетона они, филигранные, легкие, элегантные, прочные и долговечные, с пониженным расходом материалов при изготовлении, входят в повседневную практику строительства.

*В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона*

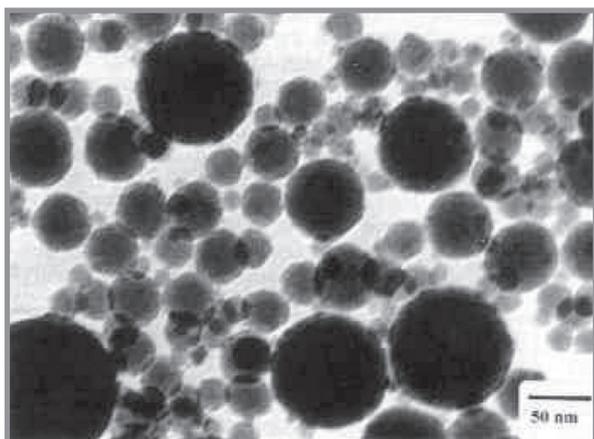
Установлено, что введение в бетонную смесь наноразмерных частиц (обычно диаметром 100 нм) оказывает существенное влияние на долговечность. Показано, например, что коллоидный кремнезем – микрочастицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), диспергированные в воде и стабилизированные диспергирующей добавкой из частиц еще меньшего размера, взаимодействуют с гидроксидом кальция быстрее, чем микрокремнезем.

Таким образом, если использовать наночастицы при производстве обычных строительных материалов, следует ожидать проявления более высокой функциональности последних, что необходимо при возведении высотных зданий, большепролетных транспортных сооружений, оболочек и других сложных гражданских и промышленных сооружений [2, 11, 12, 18–22]. Например, наночастицы диоксида кремния, или нанокремнезема, (рис. 5) могут использоваться как добавка для высокопрочного и самоуплотняющегося бетона, улучшая его удобоукладываемость и прочность [18–20].

Так, использование наносиликатов с удельной поверхностью не менее  $180 \text{ м}^2/\text{г}$  – на порядок превышающей удельную поверхность микрокремнезема, и новых диспергаторов-гиперпластификаторов на основе поликарбоксилатов специального молекулярного дизайна обеспечивает достижение кардинально новых прочностей и структур цементного камня, создавая предпосылки дальнейшего развития реактивных по-

рошковых композитов с прочностью на сжатие около 800 МПа и прочностью на растяжение при изгибе около 100 МПа.

Применение наносиликатов в бетоне позволяет не только заметно улучшить упаковку его составляющих – цемента, наполнителей, заполнителей, снизить пористость и значительно (иногда – в несколько раз) повысить прочность, но и контролировать реакции образования и превращений гидросиликатов кальция C–S–H, ответственных за обеспечение долговечности цементного



*Рис. 5. Ультратонкие аморфные коллоидные частицы кремнезема под просвечивающим электронным микроскопом [20]*

В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

камня, а также определяющих ряд строительно-технических характеристик бетона – его усадку, ползучесть.

Наночастицы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , как было найдено, придают бетону свойства «самозондирования», а также повышают его прочность на сжатие и растяжение [25, 29]. Объемное электрическое сопротивление цементных растворов с наночастицами  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  изменяется при приложении нагрузки, в результате растворы с нано- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  могут регистрировать собственные сжимающие напряжения. Такая чувствительность неоценима для ведения оперативного мониторинга состояния конструкций и для создания «умных» конструкций без закладки или прикрепления специальных сенсоров.

Механические свойства цементных растворов с наночастицами  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  были изучены Х. Ли (*H. Li*) и др. [21]. Исследования, проведенные с помощью сканирующего электронного микроскопа, продемонстрировали, что наночастицы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  заполняют поры и одновременно уменьшают содержание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в ходе процесса гидратации. Это приводит к улучшению механических свойств цементных растворов с наночастицами. Прочность на сжатие и растяжение цементных растворов с наночастицами была выше, чем прочность растворов с микрокремнеземом.

Наночастицы  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , как было показано, значительно увеличивают модуль упругости (до 143% при дозировке 5%), однако ограниченно влияют на прочность при сжатии [26].

Г. Ли (*G. Li*) выполнил лабораторные исследования высокопрочных бетонов, содержащих наночастицы  $\text{SiO}_2$ , с большим количеством золы уноса [23]. Изучение процесса гидратации показало, что при применении наночастиц  $\text{SiO}_2$  пуццолановая активность золы уноса значительно повышается. Использование наночастиц  $\text{SiO}_2$  ведет к увеличению как ранней, так и марочной прочности бетона с высоким содержанием золы уноса. Прочность полученного бетона с наночастицами  $\text{SiO}_2$  в возрасте 3 суток была на 81% выше прочности обычного бетона, а в возрасте 2 лет прочность полученного бетона достигла 115,9 МПа, что выше, чем прочность бетона, с которым производилось сравнение (103,7 МПа).

М. Коллепарди (*M. Collepardi*) и др. проводили исследования самовыравнивающегося бетона с низким тепловыделением с минеральными добавками (молотый известняк, зола уноса и молотая зола уноса), используя в качестве модификатора вязкости нанокремнезем с размерами частиц 5–50 нм при дозировке 1–2% массы цементирующих материа-

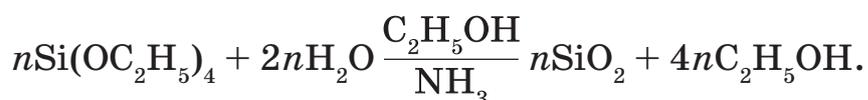
В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

лов [19, 20]. Для поддержания специфицированного значения распыла конуса 780–800 мм при постоянном водоцементном отношении 0,58 дозировка суперпластификатора увеличивалась примерно на 0,21% на каждый процент используемого нанокремнезема. Введение нанокремнезема позволило получить более связанные смеси и снизить водоотделение и расслоение при весьма незначительном влиянии на потерю подвижности. В соответствии с результатами исследований, можно сделать вывод о том, что нанокремнезем не оказывает отрицательного влияния на долговечность бетона.

Как было показано [1, 13], для улучшения свойств конечного продукта часто оказывается достаточным ввести относительно малые количества «легирующих» наноматериалов. Несмотря на это, коммерческий успех наноматериалов зависит от возможности производить их в больших количествах и по приемлемым ценам, сопоставимым с конечной эффективностью нанопродукта. Технологии производства наноматериалов в промышленных масштабах, в основном, связаны с применением плазмы, химического осаждения из паровой фазы, гальванотехники, синтезом золь-гелей, механическим травлением и использованием природных наносистем [10].

В числе химических технологий золь-гель синтез является одним из самых широко распространенных производственных приемов для выпуска наноматериалов, таких, например, как нанокремнезем [14].

В общем виде химическая реакция синтеза нанокремнезема из прекурсора – триметилэтокси/тетраэтоксилана (TMOS/TEOS) [10] может быть представлена следующим образом:



Существует ряд параметров, оказывающих воздействие на течение процесса, включая pH (которое должно быть выше 7), температуру, концентрацию реагентов, молярное отношение  $\text{H}_2\text{O}/\text{Si}$  (между 7 и 25), тип катализатора и т. д. [14]. При точном исполнении этот процесс способен дать наночастицы  $\text{SiO}_2$  совершенной сферической формы с диапазоном размеров 1–100 нм.

Одна из первых коммерческих нанодобавок для бетона была разработана С.А. Ульменом (*S.A. Ulmen*) и компанией СиТехКогносибль (*SciTechCognoscible*). Этот продукт под торговым названием «Гаиа»

В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона

(*Gaia*) поступает на рынок в жидком виде, что помогает обеспечить однородное распределение наночастиц  $\text{SiO}_2$  в бетоне. Как показали М. Г. Феррада (*M. Ferrada G.*) и др. [18], бетонные смеси с добавкой демонстрируют превосходную удобоукладываемость без расслоения, что делает назначение состава самоуплотняющегося бетона предельно простой задачей. Для товарных бетонных смесей с добавкой «Гаиа» потеря осадки конуса составляет не более 25% за полтора часа при температуре окружающего воздуха 20°C. Применение продукта при дозировке 1,3% (по массе кремнезема в сухом состоянии) обеспечивает повышение прочности бетона на сжатие в возрасте от 7 до 28 суток примерно в два раза [20]. Ранняя прочность бетона с добавкой приблизительно в три раза выше, чем прочность бетона без добавки. Прочность на сжатие бетона с добавкой «Гаиа» в возрасте 28 суток показала «классическую» зависимость от водоцементного отношения:

$$f_{28} = 208,38 e^{-3,0881 W/C} \quad (\text{при } R^2 = 97\%).$$

В настоящий момент в промышленных масштабах выпускаются четыре продукта из серии GAIA: GAIA Nanocilice, GAIA Shotcrete для использования в торкрет-бетоне, ASKA – 926, PANGEA для бетонирования нефтяных и газовых скважин, идеально подходящая для такого типа работ на морском дне.

Наночастицы глины, как показано в ряде работ [27, 28, 30, 31], оказывают влияние на механические характеристики, сопротивление проникновению хлоридов, снижают проницаемость и усадку бетона, а также широко используются в самоуплотняющихся бетонных смесях. Вообще говоря, свойства глины как добавок в бетон проявляются на наномасштабе. Сами частицы природных глины имеют микронные и субмикронные размеры, и в основе их структуры лежат слои алюмосиликатов толщиной около 1 нм. Отшелушенные слои представляют собой истинные наночастицы. Влияние глины на цементные системы давно известно, однако в большинстве случаев используют кальцинированные глины (метакаолин, например [32]). Недавнее возрождение этой тематики, однако, сфокусировано на возможностях «наноинжиниринга» глины. Большинство из таких работ рассматривают природные (некальцинированные) глины. Поскольку обычно частицы глины гидрофильны, очень важен контроль водопотребности глиноцементных композитов. Уменьшение расхода воды достигается использованием катионного обмена,

*В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона*

при котором катионы натрия или кальция заменяются органическими катионами между слоями, снижая гидрофильность глин [28]. Химическая «прививка» ПВА (поливинилового спирта) к ошелушенным слоям глин недавно была предложена для получения «сшитых» частиц, которые при введении в цементные системы, как было показано, улучшают post-failure свойства материала [33]. Кроме того, немодифицированные наноразмерные частицы глинистых пород, как отмечалось, действуют как затравки для формирования C–S–H [34, 35].

Таким образом, на основании имеющихся данных, положительное воздействие наночастиц на микроструктуру и свойства цементных материалов может объясняться следующими факторами [18–21, 24]:

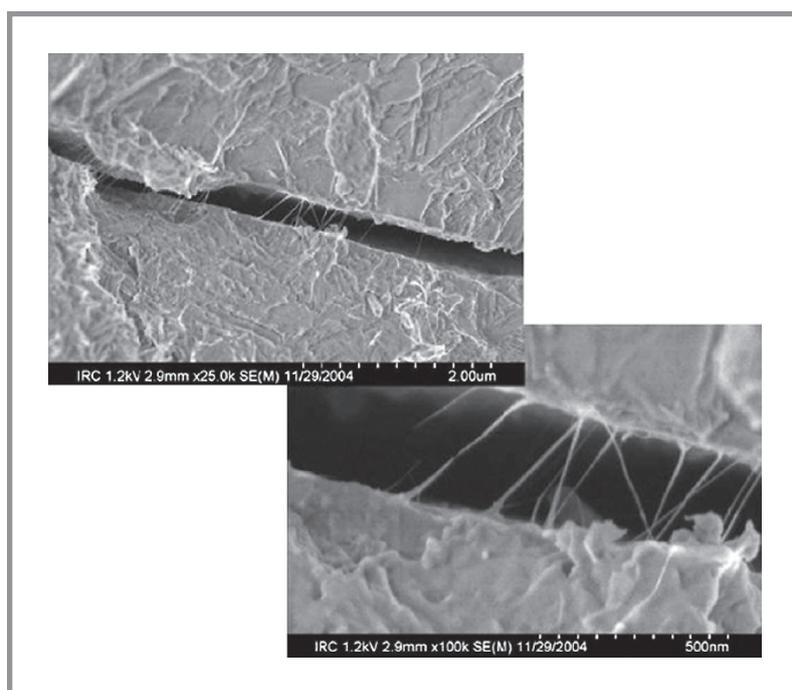
- тонкодисперсные наночастицы увеличивают вязкость жидкой фазы, помогая удержанию во взвеси гранул цемента и заполнителя, повышая устойчивость смеси к расслоению и улучшая удобоукладываемость системы;
- наночастицы заполняют пустоты между гранулами цемента, что приводит к связыванию свободной воды («эффект наполнителя»);
- тонкодисперсные наночастицы выступают в качестве центров кристаллизации гидратов цемента, ускоряя тем самым процесс гидратации;
- наночастицы оказывают благоприятное воздействие на формирование мелких кристаллов (таких как  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{AF}_m$ ) и малых однородных групп C–S–H;
- наночастицы  $\text{SiO}_2$  принимают участие в пуццолановых реакциях, что приводит к связыванию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и формированию «дополнительного» количества C–S–H;
- наночастицы улучшают структуру контактной зоны заполнителя, что ведет к лучшему установлению связей между заполнителем и цементным тестом;
- остановка образования трещин (диссипация энергии разлома) и эффект взаимного связывания между плоскостями скольжения, обеспечиваемые наночастицами, повышают твердость, сопротивление сдвигу и прочность на изгиб материалов на основе цемента.

Дополнительный потенциал для развития намного более прочных, более жестких и более долговечных конструкционных материалов предоставляют углеродные наночастицы, нанотрубки и нановолокна, которые сегодня производятся в промышленном масштабе большим

*В.Р. ФАЛИКМАН, К.Г. СОБОЛЕВ «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона*

количеством компаний. На этом пути, правда, сохраняются, как минимум, две проблемы – повышенная склонность углеродных материалов к агломерации и, как следствие, трудности равномерного распределения такой «нанофибры» по композиту, а также недостаточно высокое сцепление нанотрубок с матрицей, что не позволяет полностью использовать их высокий модуль упругости (в 5 раз выше, чем у стали) и прочность (в 8 раз выше стали) при очень низкой плотности.

При введении нанотрубок с диаметром, близким к толщине слоев C–S–H, в цементную матрицу наблюдается заметное изменение ее свойств, прежде всего, прочности при сжатии и растяжении, но это увеличение не столь существенно, если принять во внимание высокую стоимость нанотрубок. Значительно более важным является снижение трещинообразования, особенно в поверхностных слоях высокофункциональных цементных композитов (рис. 6).



*Рис. 6. Перекрытие трещин, наблюдаемое в цементных композитах с углеродными нанотрубками [36]*

**Контакты / Contact:**

**e-mail: [vfalikman@yandex.ru](mailto:vfalikman@yandex.ru)  
e-mail: [k.sobolev@gmail.com](mailto:k.sobolev@gmail.com)**

*Продолжение и библиографический список см. в номере 1/2011*

## МЕЖДУНАРОДНАЯ «ЦЕМЕНТНАЯ ТОРГОВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ» ПРОЙДЕТ В СТАМБУЛЕ (ТУРЦИЯ) 9–10 ФЕВРАЛЯ 2011 г.

Производство цемента в России растет, и за 9 месяцев 2010 г. (38,3 млн т) оно превысило производство за тот же период 2009 г. почти на 12%. Потребление цемента за январь–сентябрь 2010 г. (38,0 млн т) превысило аналогичный показатель 2009 г. на 11,6%, хотя не достигло уровня 2008 г. По некоторым оценкам производство цемента в России к 2020–2025 гг. может превысить потребление в полтора раза.

Растет и импорт. Турция поставила примерно треть общего импорта, но этот показатель в 2 раза ниже прошлогоднего. Доля Турции в импорте цемента в РФ за 9 месяцев 2010 г. составила 28%, Китая – 13%.

В целом мнения и прогнозы аналитиков относительно состояния рынка цемента России противоречивы. Для формирования четкой картины ситуации на рынке необходимо получить информацию из первых рук – непосредственно от его участников. Для этого группа компаний Русмет в очередной раз проводит международную **«Цементную торговую конференцию»**. Она пройдет в Стамбуле (Турция) 9–10 февраля 2011 г.

### **В программе конференции следующие темы:**

- Обзор цементного рынка России. Останется ли Россия импортером цемента?
- Какие страны станут в ближайшем будущем ведущими экспортерами цемента на мировом рынке? Цементная отрасль Турции и других стран-экспортеров.
- Динамика цен.
- Строительная отрасль России и ее потребность в цементе.
- Сочи – 2014 и чемпионат мира по футболу – 2018: выбор поставщиков цемента.

- Вступление России в ВТО: влияние на рынок цемента и строительный сектор.
- Новые мощности в России и мире.
- Специальная сессия: производственное оборудование и технологии.
- Инвесторы в российскую цементную отрасль.
- Транспорт и логистика. Упаковка.
- Качество.

Ожидается более 200 участников: производители цемента, торговые, строительные, логистические компании, производители бетона и других строительных материалов, аналитики, представители государственных учреждений из Турции, России и стран СНГ, Европы, Ближнего Востока, Египта, Китая, Индии.

В 2007–2009 гг. в конференциях Русмет по цементной тематике приняли участие крупнейшие производители цемента из Турции (холдинг ОУАК, As Cimento, Nuh Cimento, Adocim, Akcansa, Goltas), Китая (China National Building Materials Import and Export Corp., Rizhao Shanshui Cement Group, Shandong Liuyuan Cement Group, Taishan Cement Group, Lunan Zhonglian Cement Group, Shandong Quanxing Cement Corporation, Shandong Yizhou Cement Group), России – производители и крупнейшие импортеры (Евроцемент, Новоросцемент, Лафарж цемент, Базэл-Цемент, Филд, Мечел-Материалы) и др. Состоялись деловые поездки на предприятия Турции: Akcansa (Стамбул), Goltas (Испарта), As Cimento (Анталья); Китая: торговый порт Циньдао, встречи с топ-менеджерами, посещение портовых терминалов.

Конференцию традиционно поддерживает Турецкая ассоциация производителей цемента.

Участие в конференции поможет быть в курсе текущих событий на рынке, быстро реагировать на изменения ситуации, встретиться с партнерами и конкурентами на одной платформе, обсудить важнейшие проблемы и сформировать стратегию развития. Обширные рекламные и спонсорские возможности конференции позволяют представить продукцию и услуги компаний-участниц перед целевой аудиторией.

### Организатор конференции

Группа компаний Русмет: информационно-аналитическая компания, организатор деловых мероприятий в России и за рубежом для реального сектора экономики.

Зарегистрироваться можно на сайте: [www.problema.ru](http://www.problema.ru)

### Оргкомитет конференции

Тел./факс: +7 (495) 989-26-74

e-mail: [cement@rusmet.ru](mailto:cement@rusmet.ru)

[www.problema.ru](http://www.problema.ru)

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» является информационным партнером Международной «Цементной торговой конференции». Редакция издания приглашает участников конференции к публикации материалов в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве».

Ознакомиться с содержанием номеров журнала и перечнем требований к оформлению материалов можно на сайте издания [www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).

По вопросам публикации материалов следует обращаться по электронной почте e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru).



УДК 669.017.16:539.213

**АХМЕТШИНА Лилия Фаритовна**, аспирант ГОУВПО «Ижевский государственный технический университет», инженер-технолог ОАО «Ижевский Электромеханический Завод «Купол», г. Ижевск, Россия

**КОДОЛОВ Владимир Иванович**, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой ХиХТ ГОУВПО «Ижевский государственный технический университет», главный специалист ОАО «Ижевский Электромеханический Завод «Купол», директор Научно-образовательного центра химической физики и мезоскопии УдНЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия

**ТЕРЕШКИН Иван Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия

**КОРОТИН Александр Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия

**AKHMETSHINA Liliya Faritovna**, Post-graduate Student of Izhevsk State Technical University, Technologist of Open Joint Stock Company «Izhevsk Electromechanical Plant «Kupol», Izhevsk, Russian Federation

**KODOLOV Vladimir Ivanovich**, Doctor of Chemistry, Professor, Head of Chemistry Department, Izhevsk State Technical University, Chief Specialist of Open Joint Stock Company «Izhevsk Electromechanical Plant «Kupol», Director of Scientific and Educational Center Of Chemical Physics and Mesoscopy, Udmurt Scientific Center of RAS, Izhevsk, Russian Federation

**TERESHKIN Ivan Petrovich**, Ph.D in Engineering, Associate Professor of Building Structures Department, N.P.Ogarev's Mordovian State University, Saransk, Russian Federation

**KOROTIN Aleksandr Ivanovich**, Ph.D in Engineering, Associate Professor of Building Structures Department, N.P.Ogarev's Mordovian State University, Saransk, Russian Federation

## ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ НАНОСТРУКТУР НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ КОМПЗИТОВ

## THE INFLUENCE OF CARBON METAL-CONTAINING NANOSTRUCTURES ON THE STRENGTH OF CONCRETE COMPOSITES

В работе представлены результаты исследований влияния металл-углеродных наноконкомпозитов на увеличение прочностных свойств бетонных и пенобетонных композитов. Сверхмалые количества наноконкомпозита приводят к повышению прочности, зависящему от их состава.

The paper represents the results of the researches studying influence of metal-carbon nanocomposites on the increasing strength of concrete and foam concrete composites. The super small quantities of nanocomposites, depending on their composition, result in rising concrete strength.

**Ключевые слова:** металл-углеродные наноконкомпозиты, углеродные металлсодержащие наноструктуры, плотные бетоны, пенобетоны, сверхмалые количества.

**Key-words:** metal-carbon nanocomposites, carbon metal-containing nanostructures, dense concrete, foam concrete, super small quantities.

**А**ктуальной задачей в настоящее время является получение качественного бетона при одновременном снижении расхода цемента. С этой целью в технологии цементного бетона применяют различного рода модификаторы, которые порой имеют достаточно высокую стоимость. Наиболее перспективным представляется применение не дорогих, но высокоэффективных модифицирующих добавок-наноструктур.

Целью исследования является разработка технологии получения качественного бетона (без увеличения расхода цемента) за счет введения модификатора в виде металл-углеродных нанокомпозитов (М-С НК) и оценка влияния последних на прочностные характеристики материала.

В настоящее время активно изучается влияние наноструктур на структурообразование композиционного материала. Предложено несколько гипотез влияния [1, 2], но все они носят вероятностный характер и требуют дальнейшего изучения и экспериментального подтверждения.

Ранее уже были проведены исследования по модификации пенобетонов углеродными наноструктурами. Так, исследователями из Петербурга и Тамбова показано, что при введении 0,001–0,3% наноструктур достигается эффект повышения прочности и морозостойкости бетона [3, 4]. Согласно работе [4] увеличение прочности до 90–100% наблюдается при концентрации 0,2% углеродных нанотрубок при введении в цемент. Этот положительный эффект достигается при использовании углеродного наноматериала, не содержащего металл.

В нашем случае нанопродукт представляет собой углеродные металлсодержащие нанокомпозиты (М-С НК), которые способны при введении в цементные системы в большей степени влиять на процессы структурообразования материалов на их основе. Вид металла определяет форму наноструктур и, как следствие, их поведение в изменяющейся среде бетона.

Основной проблемой при введении М-С НК в бетонные композиты является неравномерное их распределение в объеме материала. Нами

предложен способ введения наночастиц с помощью тонкодисперсных водных суспензий (ТДС), использование которых обеспечивает равномерное распределение нанодисперсного модификатора по всему объему композиционного материала. Установлено, что для получения стабильных дисперсных систем необходимо использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые способны при введении в цементные композиции сорбироваться наиболее реакционно-способным компонентом – вяжущим, и оказывать в оптимальных количествах позитивное влияние при твердении композитов на их основе. В качестве таких ПАВ могут использоваться лигносульфонат, пенообразующие составы и другие подобные вещества. Более того, введение ПАВ в ТДС позволяет сохранять активность наноструктур до непосредственного введения в композит.

Для модификации бетонов получены суспензии на основе меди и железосодержащих наноструктур. Наноструктуры на основе железа и меди получены методом низкотемпературного синтеза в нанореакторах полимерных матриц поливинилхлорида (ПВХ) [5] и поливинилового спирта (ПВС) [6] соответственно. В качестве металлсодержащей фазы выбран оксид железа (3), который в процессе получения наноструктур восстанавливается до магнетита, и оксид меди (2) соответственно. М-С НК были получены на ПВС трех различных производств, которые отличаются соотношением гидроксильных и ацетатных групп. Например, маркировка (Cu + ПВС 16/1имп) соответствует следующему составу: ПВС импортного производства с 16 гидроксильными и 1 ацетатной группой в качестве полимера и медь в качестве металлсодержащей фазы.

По данным изображений просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) медь-углеродный нанокомпозит (Cu-C НК) состоит из поликристаллических медных частиц и аморфных волокон углерода размером до 1 мкм (рис. 1).

Медные частицы ассоциированы с углеродными волокнами. Основную часть Cu-C НК составляют частицы размером 15–35 нм (рис. 2). Нанокомпозит с развитой поверхностью и, следовательно, с высокой поверхностной энергией взаимодействия, оказывает наибольшее воздействие на структуру материала.

Железо-углеродный нанокомпозит (Fe-C НК) в основном представлен в виде пленочных наноструктур с включениями металла (рис. 3а).

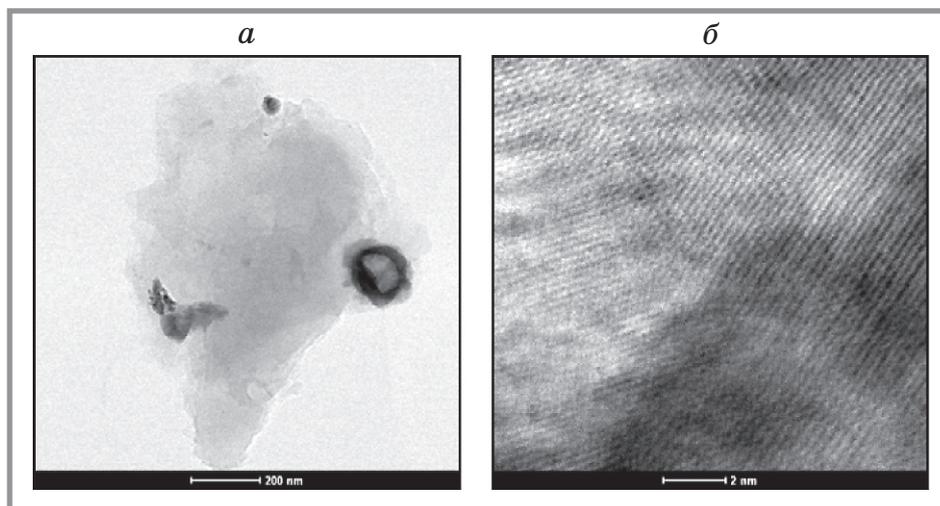


Рис. 1. ПЭМ-изображение Cu-C НК: а – ассоциаты углеродных волокон и медных частиц; б – углеродные волокна нанокompозита

Частицы металлсодержащей фазы имеют шаровидную форму, находятся между слоями углеродных пленок и связаны с ними. Имеются и наноструктуры, близкие к сферической форме. На ПЭМ-изображениях Fe-C НК темные пятна характеризуют металл, светлые – углеродные пленки. Электронограммы представлены в виде кольцевых рефлексов. Это свидетельствует о наличии аморфной фазы в образце. Fe-C НК подвергался диспергированию в спирте, так как является более активным и быстрее, чем Cu-C НК коагулирует в водной среде, образуя крупные агрегаты наноструктур.

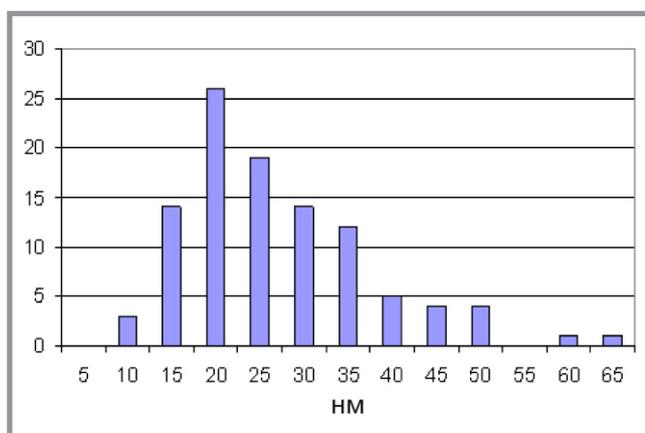


Рис. 2. Распределение по размерам Cu-C НК в воде

По данным полученных гистограмм можно судить о том, что размер конечного продукта находится в основном в диапазоне 5–35 нм (85% от всего количества нанокompозита) (рис. 3б). В образце Fe/C имеется фракция мелких частиц со средним размером около 2 нм. Эта фракция учитывалась при построении гистограммы, поскольку частицы были хорошо различимы и позволяли сделать репрезентативную выборку.

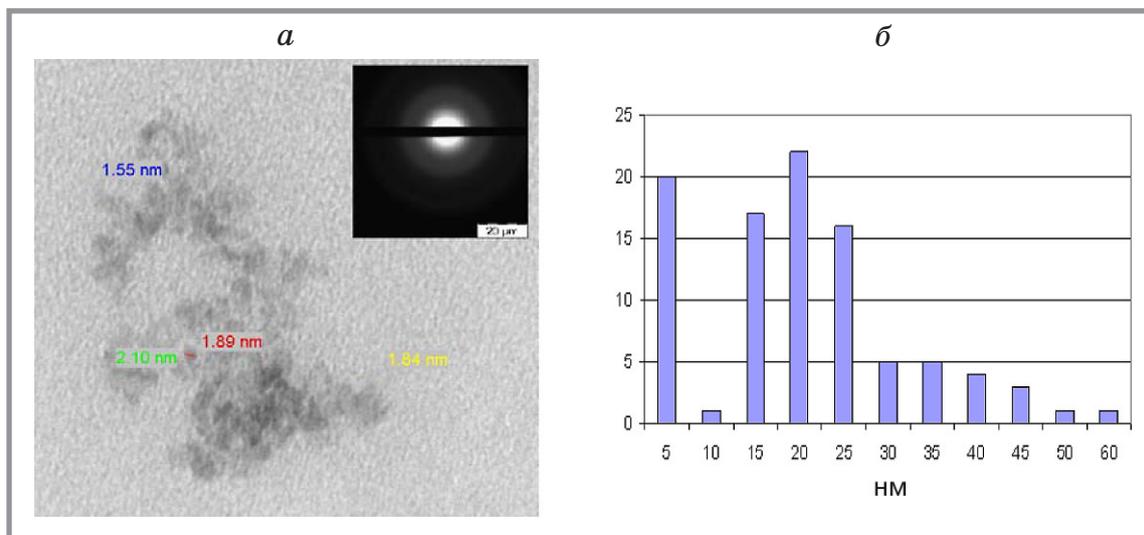


Рис. 3. Характеристики Fe-C НК: а – ПЭМ-изображение Fe-C НК; б – распределение по размерам Fe-C НК в спирте

Суспензия наноструктур при модификации цементного бетона вводится непосредственно в воду затворения, в зависимости от массы вяжущего. Для исследования влияния концентрации и состава М-С НК на изменение прочностных характеристик модифицированных композитов ТДС были направлены на различные предприятия и в научные центры, специализирующиеся в области получения цементных бетонов различных плотностей.

Установлено, что при модификации цементных композитов (бетонов) М-С НК происходит увеличение их прочности. На рис. 4 представлены результаты испытаний прочности пенобетона на сжатие (\*1). Эффект повышения прочности в первые сутки твердения достигает 35% к эталонному образцу (контрольному, не модифицированному). На 28 сутки эффект увеличения прочности повышается до 70% (рис. 4 и 5).

Результаты исследований позволяют констатировать, что наиболее активными М-С НК являются системы (Cu + ПВСимп) при концентрации введения 0,001% и системы (Cu + ПВСрос) при концентрации 0,003%. Прочностные характеристики после 1 суток твердения всех образцов на основе системы (Fe + ПВХ) повышаются на 10–12% вне зависимости от их концентрации в композициях. Это связано с тем, что во взаимодействие вступило одинаковое количество Fe-C НК. В 28-суточном возрасте практически все модифицированные наноструктурами пенобетонные композиты имеют прочность выше контрольного образца

Л.Ф. АХМЕТШИНА и др. Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур

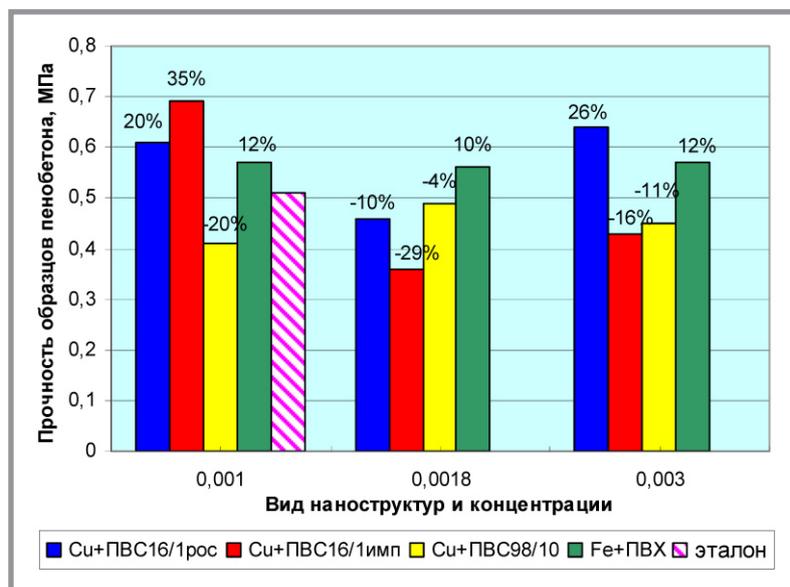


Рис. 4. Зависимость прочности пенобетона в возрасте 1 суток от вида наноструктур и их процентного содержания (в % указан прирост прочности к эталонному образцу)

(эталона). При этом вид (состав) системы и содержание М-С НК оказывают определяющее значение на ее прирост (см. рис. 5).

При анализе влияния М-С НК необходимо учитывать и концентрацию ПВС в растворе при получении наноструктур, которая различна для ПВС импортного и российского производства из-за их растворимости. Для Cu-С НК на основе ПВС 16/1 (Cu + ПВС 16/1) при концентрации 0,0018% наблюдается резкое изменение прочностных свойств композиций. В данном случае происходит нарушение частот колебаний М-С НК и частиц новообразований твердеющей системы, чего не наблюдается в случае с Cu-С НК на основе ПВС 98/10 (Cu + ПВС 98/10), где увеличение концентрации ведет к повышению прочности, и с Fe-С НК, где наблюдается уменьшение прочности с увеличением концентрации.

Результаты сравнения модифицированных пенобетонов М-С НК показывают, что прочность зависит от условий получения М-С НК, включая природу исходных полимерных матриц и металлсодержащей фазы. Поскольку процесс получения М-С НК протекает в нанореакторах, активность наноструктур существенно определяется структурой полимерной матрицы. Кроме того, при оптимизации введения М-С НК в цементные сырьевые смеси необходимо учитывать вид вяжущего сырьевой смеси, дополнительно применяемые минеральные и химические

Л.Ф. АХМЕТШИНА и др. Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур

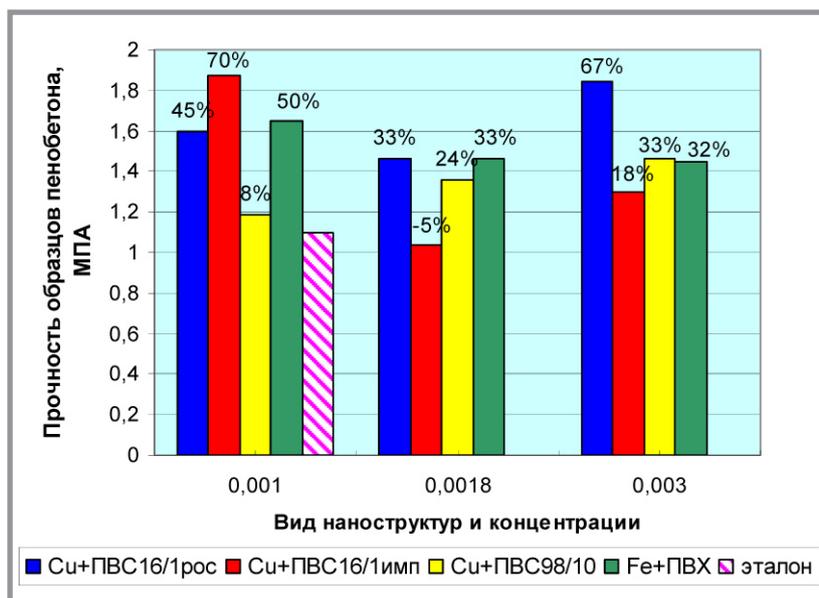


Рис. 5. Зависимость прочности пенобетона в возрасте 28 суток от вида наноструктур и их процентного содержания (в % указан прирост прочности к эталонному образцу)

добавки, условия твердения. Например, может отмечаться меньшее повышение прочности композитов в присутствии пластификатора С-3 при получении пенобетона. Согласно нашим исследованиям рН среды влияет на форму наноструктур. Пластификатор С-3 имеет слабокислую среду, что ведет к сворачиванию нанопленок в нанотрубки и уменьшению их поверхностной энергии, а, следовательно, и уменьшению их влияния на структуру материала.

При модификации пенобетона неавтоклавного твердения 0,0024% М-С НК, полученных на основе системы (Cu и ПВС16/1рос), прочность на 28 сутки возросла почти на 30% (\*2), причем плотность образца уменьшилась с 485 кг/м<sup>3</sup> до 465 кг/м<sup>3</sup> (рис. 6).

При исследовании прочностных характеристик пенобетонов, подвергнутых тепловой обработке, наилучший результат был достигнут при концентрации М-С НК, полученных на основе системы (Cu и ПВС16/1рос) 0,0018% от массы цемента и составил 33% (\*3) (рис. 7).

Таким образом, установлено, что при оптимальном введении М-С НК в композиции прочность пенобетонов повышается как на ранних, так и на поздних сроках твердения. Причем концентрация М-С НК варьируется для различных составов, но в среднем оптимальными вариантами выбранных концентраций для металлсодержащих наноструктур

Л.Ф. АХМЕТШИНА и др. Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур

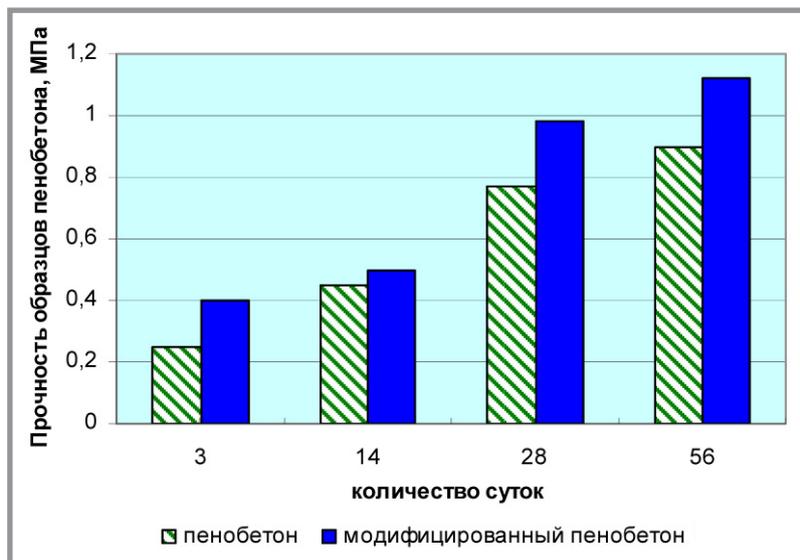


Рис. 6. Кинетика набора прочности пенобетона

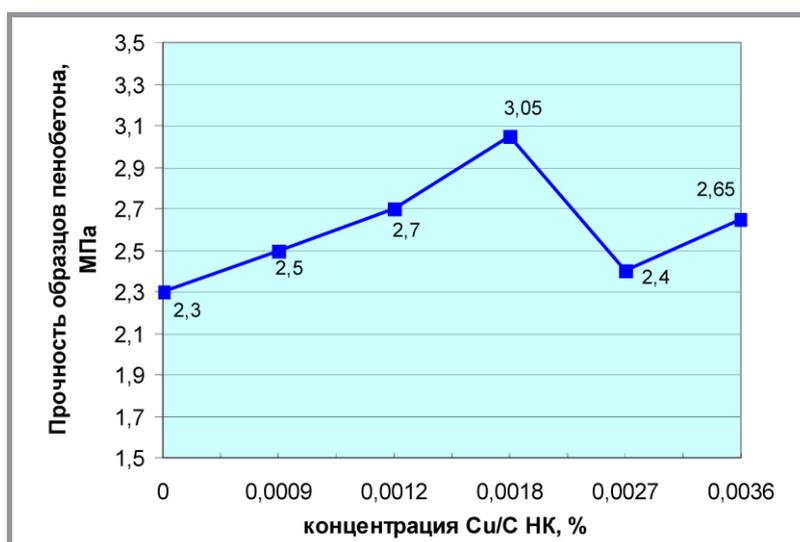


Рис. 7. Зависимость прочности пенобетона от процентного содержания Cu-C НК

являются 0,001 или 0,0018%. По данным исследований, для системы (Cu + ПВС16/1рос) при концентрации 0,0018% стабильно отмечается увеличение прочности ячеистых бетонных композитов до 30%.

По применению наноструктур для модификации тяжелых бетонов в настоящее время также получены положительные результаты. В работе [7] отмечается, что при модификации мелкозернистых бетонов углеродными нанотрубками с концентрацией 0,0072% их прочность на

сжатие возросла на 60%. Прочность плотных бетонов можно увеличить с помощью наночастиц оксида кремния [8], пиролитического углерода [9] и углеродных кластеров фуллероидного типа [10]. Результатов исследований по модификации тяжелых бетонов углеродными металлсодержащими нанокомпозитами практически нет.

С целью изучения влияния М-С НК на свойства тяжелых бетонов были проведены исследования по их модификации суспензиями металлсодержащих наноструктур различного состава и концентрации (\*4). С целью определения оптимальных ПАВ для тонкодисперсных водных суспензий (ТДС) было изготовлено три суспензии с различными веществами в качестве ПАВ: ПВС, лигносульфонат, олеат натрия. ТДС с олеатом натрия при смешивании с водой затворения выпала в осадок в виде крупных хлопьев, что исключило ее из дальнейших исследований. Результаты испытаний приведены на рис. 8.

При модификации тяжелых бетонов концентрация М-С НК составляла 0,0018%. Лучший результат достигнут для суспензий М-С НК с применением лигносульфоната в качестве ПАВ. Прочность бетона для ТДС с лигносульфонатом на 7 суток увеличилась на 68%, а на 28 суток составила 44%. Для образца с раствором ПВС прочность не изменилась, что, возможно, вызвано «обволакиванием» наноструктур полимером и их коагуляцией.

Исследованиями установлено, что увеличение содержания М-С НК в твердеющем бетоне сверх оптимальных значений не приводит к дальнейшему повышению его прочностных характеристик (рис.7 и 9).

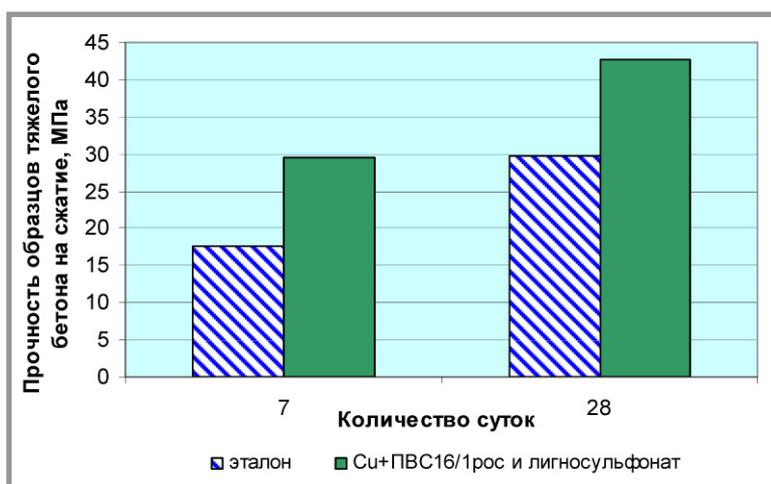


Рис. 8. Кинетика набора прочности бетона с Si-C НК

Л.Ф. АХМЕТШИНА и др. Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур

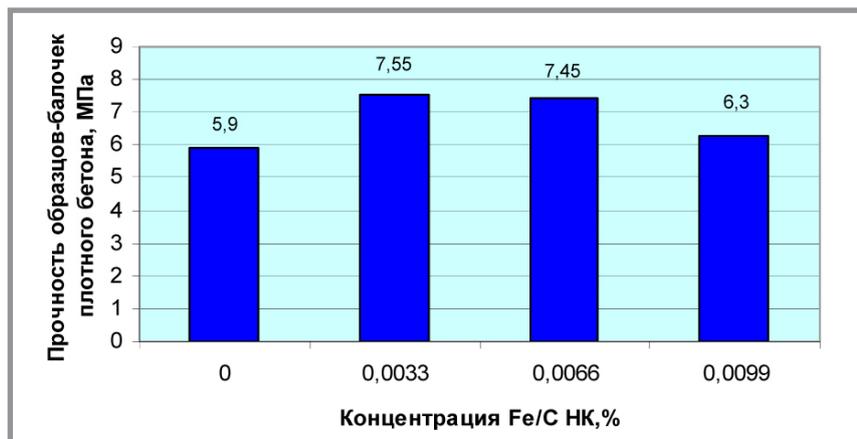


Рис. 9. Зависимость прочности бетона от процентного содержания Fe-C НК

Модификация тяжелого бетона (рис. 9) проводилась с использованием Fe-C НК с концентрацией 0,0033, 0,0066 и 0,0099%. Лучший результат достигается при более низкой концентрации наноструктур в материале.

Таким образом, исследования показывают, что в результате модификации плотных (тяжелых) бетонов М-С НК улучшаются их прочностные характеристики, и при использовании наноструктур разного состава значения прочности различны. В настоящее время проводятся исследования по выбору оптимальной концентрации и наилучшего состава М-С НК и ПАВ для модификации тяжелых бетонов.

За счет своих уникальных свойств металлсодержащие наноструктуры могут также применяться для модификации лакокрасочных материалов, например, силикатных красок, клеевых композитов, модификации покрытий и т. д. Механизм влияния сверхмалых количеств М-С НК на свойства различных материалов еще не изучен достаточно полно и есть необходимость и актуальность в проведении исследований в данном направлении.

\*Авторы выражают благодарность за предоставление материалов по модификации бетонных композиций разработанными нами модифицирующими добавками следующим организациям (участие организаций отмечено в тексте статьи соответствующим ему номером в скобках):

1. ОАО ЦКБ «Монолит», г. Городец
2. ООО «Центр СМТК» г. Саранск
3. ООО «Сегмент-К», г. Саранск
4. ФГУП «УССТ-6 при Спецстрое России», г. Ижевск

**Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Ахметшина Л.Ф., Кодолов В.И., Терешкин И.П., Коротин А.И.* Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур на прочностные свойства бетонных композитов // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010, Том 2, № 6. С. 35–46. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (дата обращения: \_\_\_\_\_).

**Dear colleagues!**

**The reference to this paper has the following citation format:**

*Akhmetshina L.F., Kodolov V.I., Tereshkin I.P., Korotin A.I.* The influence of carbon metal-containing nanostructures on the strength of concrete composites. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2010, Vol. 2, no. 6, pp. 35–46. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (Accessed \_\_\_\_\_). (In Russian).

**Библиографический список:**

1. *Коротких Д.Н., Артамонова О.В., Чернышов Е.М.* О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов // «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал». 2009. № 2. С. 42–49. URL: <http://www.nanobuild.ru>.
2. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии / А.Н. Пономарев // Инженерно-строительный журнал, 2009, № 6. С. 25–31.
3. Технологии микромодификации полимерных и неорганических композиционных материалов / А.Н. Пономарев // Наука и высокие технологии, 2003. С. 99–101.
4. Модифицирование строительных композитов углеродными наноматериалами / Ткачев А.Г., Михалева З.А., Ладохина М.Н. и др. // International scientific journal for alternative energy and ecology, 2007, № 9 (53). С. 56–59.
5. Пат. 2393110. Россия. Способ получения углеродных металлсодержащих наноструктур / В.И. Кодолов, Ю.М. Васильченко, Л.Ф. Ахметшина, Д.А. Шкляева, В.В. Тринеева, А.Г. Шарипова, Е.Г. Волкова, А.Л. Ульянов, О.А. Ковязина; заявлено 17.10.2008, опубликовано 27.06.10.
6. Пат. 2337062. Россия. Способ получения углеродных наноструктур из органического соединения и металлсодержащих веществ / В.И. Кодолов, В.В. Кодолова (Тринеева), Н.В. Семакина, Г.И. Яковлев, Е.Г. Волкова и др.; заявлено 28.08.2006, опубликовано 27.10.08.

**Л.Ф. АХМЕТШИНА и др. Влияние углеродных металлсодержащих наноструктур**

7. Структурирование цементной матрицы мелкозернистых бетонов углеродными нанодисперсными системами / Лушникова А.А., Пислегина А.В., Крутиков В.А., Яковлев Г.И. // Сб. докл. междуна. научно-техн. конференции студентов, Москва, 15–19 марта 2010. С. 317–321.
8. Золь-гель как концепция нанотехнологии цементного композита / П.Г. Комохов // Строительные материалы, 2006., № 9. С. 14–15.
9. Нанотехнологии – в производство бетонов / Т. Реут // «Строительная газета», 2007, № 49.
10. Особенности применения углеродных наночастиц фуллероидного типа в цементных композитах / Ю.В. Пухаренко, В.Д. Староверов // Сухие строительные смеси, 2010, № 1, С. 41.

### References:

1. *Korotkih D.N., Artamonova O.V., Chernyshov E.M.* About requirements to nanomodifying additives for high-strength cement concretes // «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal». 2009. № 2. P. 42–49. URL: <http://www.nanobuild.ru>
2. High quality concrete. Analysis of opportunities and practical experience of application of nanotechnological methods / A.N. Ponomarev // Civil engineering journal, 2009, № 6. P. 25–31.
3. Technology of polymeric and inorganic composite materials micromodification / A.N. Ponomarev // Science and high technology, 2003. P. 99–101.
4. Modification of construction composites by carbon nanomaterials / A.G. Tkachev, Z.A. Mihaleva, M.N. Ladovina, E.A. Zhutova // International scientific journal for alternative energy and ecology, 2007, № 9 (53). P. 56–59.
5. Patent 2393110. Russia. Method of obtaining carbon metal-containing nanostructures / V.I. Kodolov, Yu.M. Vasilchenko, L.F. Akhmetshina, D.A. Shklyayeva, V.V. Trineeva, A.G. Sharipova, E.G. Volkova, A.L. Ulyanov, O.A. Kovyazina; declared 17.10.2008, published 27.06.10.
6. Patent 2337062. Russia. Method of producing carbon nanostructures from organic compound and metal-containing substances/ V.I. Kodolov, V.V. Kodolova (Trineeva), N.V. Semakina, G.I. Yakovlev, E.G. Volkova and others.; declared 28.08.2006, published 27.10.08.
7. Structuring of cement matrix of fine grain concrete by carbon nanodispersed systems / A.A. Lushnikova, A.V. Pislegina, V.A. Krutikov, G.Iv. Yakovlev // Proceedings of International Scientific and Technical Student's Conference, Moscow, 15–19 of march 2010. P. 317–321.
8. Sol-gel as a conception of cement composites nanotechnology / P.G. Komohov // Building materials, 2006., № 9. P. 14–15.
9. Nanotechnology – to concrete production / T. Reut // «Building newspaper», 2007, № 49.
10. Characteristics of using fulleroid type carbon nanoparticles in cement composites / Yu.V. Puharenko, V.D. Staroverov // Dry building mixtures, 2010, № 1. P. 41.

**Контакты / Contact:**

**e-mail: [akhmetshina13@mail.ru](mailto:akhmetshina13@mail.ru)**

## КОНКУРС НА СОИСКАНИЕ ПРЕМИИ ИННОВАЦИЙ СКОЛКОВО ВЗЯЛ С МЕСТА В КАРЬЕР

**6** декабря начался прием заявок на конкурс на соискание премии инноваций Сколково при поддержке Cisco I-PRIZE. Конкурс, объявленный 22 ноября, тут же вызвал неподдельный интерес по всей России: в последующие две недели организаторы конкурса получили 252 обращения из 88 населенных пунктов РФ, включая Южно-Сахалинск, Владивосток, Сургут, Улан-Удэ, село Чугуевка (Приморский край), якутский поселок Усть-Нера.



Конкурс на соискание премии инноваций Сколково организован в развитие договоренностей, достигнутых в ходе июньской встречи председателя Совета директоров, главного исполнительного директора компании Cisco Джона Чемберса с Президентом Российской Федерации Д.А. Медведевым\*, и призван содействовать развитию инноваций в России. В нем могут участвовать проживающие на территории Российской Федерации граждане РФ не моложе 18 лет, способные предложить новаторские идеи, которые можно было бы воплотить в следующих областях:

- технологии энергосбережения;
- технологии здравоохранения;
- информационные технологии.

Для участия в конкурсе необходимо зайти на сайт [www.cisco.ru/go/skolково](http://www.cisco.ru/go/skolково) и заполнить форму регистрации.

Заявки на участие в конкурсе принимаются до 15 февраля 2011 года.

Все идеи будут оцениваться компетентным жюри по следующим критериям:

- рыночный потенциал;
- оригинальность и креативность;
- соответствие условиям российского и мирового рынков;
- вероятность успешного применения.

\*Подробности на странице <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2010/062410b.html>

Итоги конкурса будут объявлены в двадцатых числах апреля 2011 года. Победители, будь то отдельные лица или коллективы, получат денежные призы, которыми они смогут воспользоваться для дальнейшего развития своих идей и строительства собственных компаний.

Размер вознаграждений:

- первая премия – 3 млн руб. РФ;
- вторая премия – 1,5 млн руб. РФ;
- третья премия – 750 тыс. руб. РФ.



Как подчеркнул старший директор Cisco, куратор глобальных инкубационных проектов компании Кристофер Томпсон (Christopher Thompson), «чтобы сделать конкурс максимально честным и открытым, к участию в нем не допускаются сотрудники Cisco, люди, имеющие деловые отношения с нашей компанией, сотрудники фонда «Сколково» и таких государственных учреждений, как министерства и ведомства. С другой стороны, мы сделаем все возможное, чтобы обеспечить участие в конкурсе учащимся, студентам и преподавателям российских школ и вузов».



Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» является медиапартнером конкурса на соискание премии инноваций Сколково при поддержке Cisco I-Prize. Редакция издания приглашает участников конкурса к публикации информации о своих достижениях в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве».

Ознакомиться с содержанием номеров журнала и перечнем требований к оформлению материалов можно на сайте издания [www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).

По вопросам публикации материалов следует обращаться по электронной почте [e-mail: info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru).

# Премия инноваций Сколково

при поддержке Cisco I-PRIZE



**Хочешь изменить мир?  
Отправь свою идею на конкурс**

Корпорация Cisco и Фонд «Сколково» представляют  
**«Премия инноваций Сколково»**

3 номинации

- применение технологий в энергосбережении
- применение технологий в здравоохранении
- информационные технологии

3 награды

- 3 миллиона рублей
- 1,5 миллиона рублей
- 750 тысяч рублей

**Настало время действовать!**

С 6 декабря по 15 февраля регистрируй свои идеи и проекты на  
[www.cisco.ru/go/skolково](http://www.cisco.ru/go/skolково)



При поддержке Cisco I-PRIZE



# Акция! Один номер бесплатно

Самоорганизующиеся структуры и наносборки

Наноэлектроника

Устройства и изделия на основе наноматериалов и нанотехнологий

Исследования нанougлерода

## Подписка в редакции:

Телефон/ факс:

+7 (495) 930 88 06

E-mail: [podpiska@nanorf.ru](mailto:podpiska@nanorf.ru)

Web-site: [www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)

Каталоги Роспечати (индекс 59880)  
и «Пресса России» (индекс 42368)

[www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)

# Российские нанотехнологии – ведущий\* научный журнал

\* по данным расчёта импакт-фактора за 2008 год ([elibrary.ru](http://elibrary.ru), данные ИФ РИНЦ от 16.06.2009 г.)

УДК 691.316

УРХАНОВА Лариса Алексеевна, доктор технических наук,  
и. о. профессора кафедры «Производство строительных материалов и изделий», Россия  
*Восточно-Сибирский государственный технологический университет*

URKHANOVA Larisa Alekseevna, Doctor of Engineering,  
Acting Professor of Department «Production of Building Materials and Wares», Russian Federation  
*East-Siberian State Technological University*

---

## СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НАНОМОДИФИКАТОРОМ

## SILICATE MATERIALS WITH NANOMODIFICATOR

---

Отвечая на вопрос, заданный на II Международной научно-практической online-конференции «Применение нанотехнологий в строительстве» об использовании наномодификаторов в бетонных композициях, керамике и силикатных материалах, в настоящей статье приводятся результаты исследований по получению силикатных материалов и изделий с применением наноструктурированных модификаторов и созданию защитного слоя на поверхности изделий путем их обработки низкотемпературной плазмой.

Answering the question posed at the II International theoretical and practical online-conference «Application Of Nanotechnologies In Construction Industry» concerning application of nanomodifiers in concrete compositions, ceramics and silicate materials, the article presents results of researches on production of silicate materials and wares using nanostructured modifiers and on creation of protective layer on the surface of silicate materials with the help of low-temperature plasma.

**Ключевые слова:** применение нанотехнологий в строительстве, наномодификаторы в бетонных композициях, наноструктурированные модификаторы, бесклинкерные вяжущие вещества, гиперпластификаторы, механоактивация, наноразмер.

**Key-words:** application of nanotechnologies in construction, nanomodifiers in concrete compositions, nanostructured modifiers, clinkerless binding agents, hyperplasticizers, mechanoactivation, nanosize.

**В**хождение Республики Бурятия в особую экономическую зону туристско-рекреационного типа «Байкал» обуславливает интенсивное развитие строительной индустрии, в том числе производства строительных материалов. Интерес представляет развитие энергосберегающих технологий и новейших научно-технических разработок эффективных строительных материалов на основе местного минерального сырья и отходов промышленности. Перспективными являются технологии производства строительных материалов и изделий на основе бесклинкерных вяжущих веществ, в частности известково-кремнеземистых вяжущих (ИКВ). Выполненные исследования позволили получить активированные известково-кремнеземистые вяжущие композиции на основе вулканических пород Мухор-Талинского месторождения. Разработана технология производства известково-перлитового вяжущего (ИПВ) по сухому способу. В ее основу положено совместное измельчение и механоактивация перлита, воздушной негашеной извести и гипсового камня с использованием для этих целей многофункционального измельчительно-помольного и смешивающего оборудования, обеспечивающего образование при тонком измельчении этих материалов наноструктурных уровней [1] с приданием им новых вяжущих свойств. Установлено, что при совместной механоактивации извести и алюмосиликатного компонента протекают твердофазные реакции с образованием силикатов и алюмосиликатов кальция, синтез которых ускоряет процессы гидратации и твердения вяжущих композиций. Выявлено, что качественный и количественный состав продуктов твердофазных реакций меняется в зависимости от способа приложения разрушающей нагрузки, что позволяет прогнозировать физико-механические и эксплуатационные характеристики строительных материалов в зависимости от способа механоактивации вяжущих.

Одним из перспективных направлений в производстве строительных материалов является производство композиционных вяжущих веществ с использованием наноструктурированных модификаторов структуры и свойств [2], к числу которых относятся гиперпластификаторы, при производстве которых, в зависимости от назначения, создают

молекулы наноразмеров с разной структурой. Поэтому для улучшения физико-механических свойств бесклинкерного вяжущего, предотвращения процессов агломерации и снижения энергозатрат при помоле ИПВ вводили поверхностно-активные вещества (ПАВ): суперпластификаторы С-3, Melment F10 и гиперпластификаторы Melflux 2651 F. При активации ИКВ с ПАВ интенсифицируются процессы измельчения, уменьшается В/В-отношение, улучшаются реологические свойства вяжущих, повышается их прочность (рис. 1). Применение гиперпластификатора Melflux 2651 F – порошкового продукта, полученного методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата и имеющего наноструктурный наноразмер, обеспечивает снижение водопотребности вяжущих веществ при их содержании 0,15–0,25%, не менее чем на 20–25% при повышении прочностных показателей в среднем в 3–4 раза по сравнению с бездобавочным вяжущим. Введение ПАВ с водой оказывает меньший эффект на снижение В/В-отношения и повышение прочности по сравнению с совместным сухим измельчением. Введение активаторов ПАВ при помоле обуславливает снижение сил сцепления продуктов помола и, соответственно, их способность к агломерации.

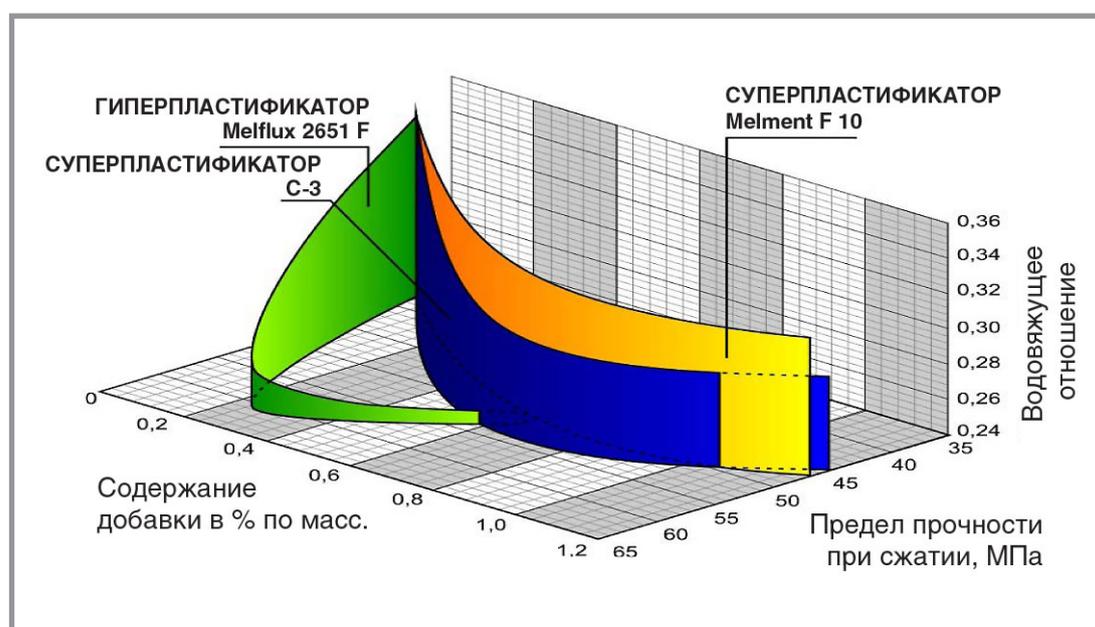


Рис. 1. Влияние вида и количества ПАВ на водовязующее отношение и прочность ИПВ

На основе ИПВ с гиперпластификатором получены силикатные облицовочные материалы безавтоклавного твердения с заданными и улучшенными эксплуатационными и декоративными характеристиками. Механоактивация вяжущего позволяет перейти от традиционно используемых методов формования силикатобетонных смесей к вибролитевой технологии и получить гладкую высококачественную лицевую поверхность изделий различной формы.

Эффективность производства облицовочной плитки заключается:

- в снижении водотвердого отношения за счет введения ПАВ;
- в повышении прочности на сжатие и изгиб;
- в улучшении декоративных свойств;
- в повышении коэффициента отражения, характеризующего степень белизны материала;
- в расширении ассортимента выпускаемой плитки за счет использования пигментов широкой цветовой гаммы;
- в снижении себестоимости 1 м<sup>2</sup> плитки по сравнению с облицовочной плиткой на основе портландцемента за счет меньшей стоимости материалов, применяемых в бесклинкерном вяжущем, на 10–30% (см. таблицу).

### Физико-механические свойства облицовочной плитки безавтоклавного твердения на основе ИПВ

Физико-технические свойства	Единицы измерения	Облицовочная плитка на основе	
		бесклинкерного вяжущего	портландцемента
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	1910–1920	2410
Водотвердое отношение	–	0,13–0,15	0,40–0,42
Прочность при сжатии через 28 сут. после ТВО	МПа	39–46	35–40
Прочность при изгибе	МПа	6,3	6,3
Водопоглощение	% по массе	3,5	3,7
Водостойкость	K <sub>разм</sub>	0,88–0,90	0,92–0,94
Морозостойкость	циклы	250	290
Усадка	%	1,3	1,3
Коэффициент отражения	%	60–70	20–30

Состав силикатной смеси для получения облицовочной плитки, масс. % : бесклинкерное вяжущее – 30–40, песок – 60–70, гиперпластификатор Melflux 2651 F – 0,03–0,1.

Кроме того, для отделочной плитки на основе ПЦ характерно появление высолов на поверхности, для предотвращения образования которых используют специальные добавки. При производстве силикатной плитки данная проблема сводится к минимуму, поскольку вся свободная известь связывается в малорастворимые ГСК и гидроалюмосиликаты кальция.

При введении гиперпластификатора в бетонную смесь он, адсорбируясь на твердой поверхности зерен бесклинкерного вяжущего и песка, создает на поверхности утолщенную оболочку со значительным отрицательным потенциалом и тем самым повышает эффект отталкивания молекул воды и подвижность бетонной смеси. Для получения силикатных изделий различной цветовой насыщенности следует вводить минеральные пигменты в количестве от 0,5 до 3%. Указанные малые количества пигментов позволяют придать разнообразную окраску, сохранив физико-механические свойства силикатных изделий. Основными условиями для получения наиболее интенсивной окраски являются тонкая диспергация пигмента при совместном помоле с компонентами вяжущего и его равномерное распределение в силикатной массе. По полученным спектральным характеристикам интенсивности длин волн видимого излучения (спектрофотометр типа «Specord-M40») видно, что ИПВ почти в 2 раза превосходит ПЦ по интенсивности отражения света, что обуславливает его лучшие декоративные свойства (рис.2).

На основе активированных ИПВ разработаны составы и технологии производства легкого и тяжелого силикатных бетонов, в том числе бетонов с использованием некачественной извести и алюмосиликатных пород, модифицированных гидромеханоактивацией; традиционного и цветного силикатного кирпича. Разработаны рекомендации по снижению энергозатрат на производство строительных материалов на основе активированных ИКВ.

Известно, что на силикатные изделия действуют различные коррозионные факторы, которые через какой-то срок могут привести к заметному снижению их прочности и даже к полному разрушению. Отсюда вытекает потребность в создании защитных покрытий на поверхности силикатных изделий.

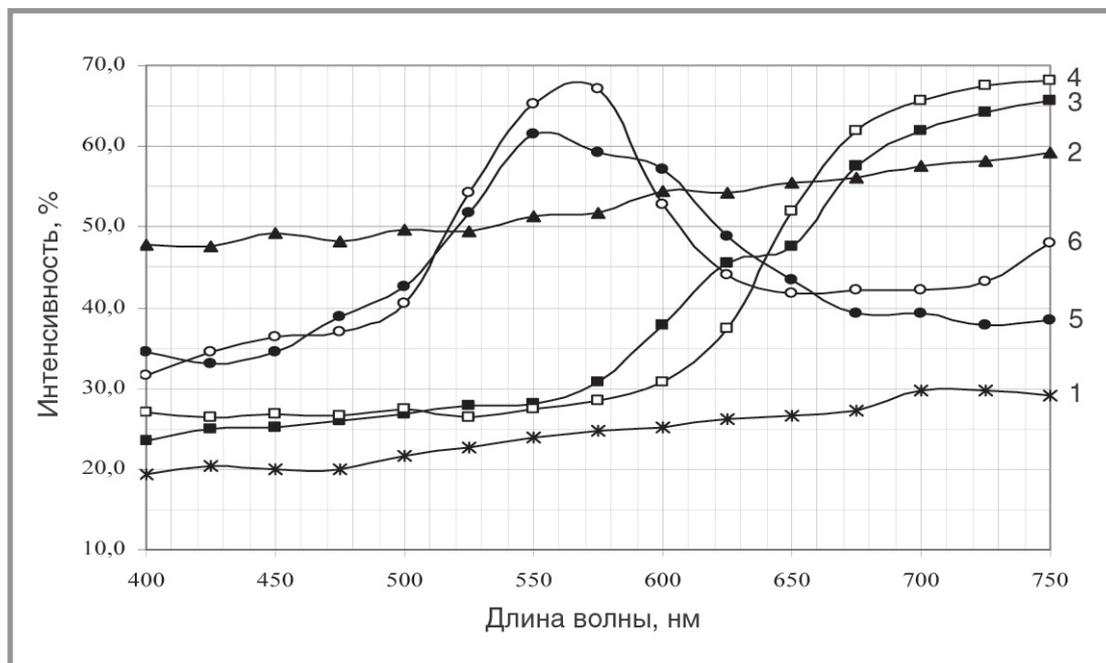


Рис. 2. Спектры отражения портландцемента, исходного и окрашенного ИПВ:  
 1 – портландцемент; 2 – ИПВ; 3 – ИПВ + оксид железа (III);  
 4 – ИПВ + Fepren TP-303; 5 – ИПВ + оксид хрома; 6 – ИПВ + Yipin S565

Для повышения коррозионной стойкости малоразмерных строительных изделий, в частности силикатного кирпича, его поверхность обрабатывалась низкотемпературной плазмой. Для реализации обработки была предложена конструктивная схема плазмотрона на основе использования расходуемого графитового электрода, устанавливаемого под углом к направлению потока плазменных струй [3]. При обработке поверхности силикатных изделий низкотемпературной плазмой на поверхности образуется стекловидное покрытие наноразмерной толщины, представляющее собой кварцсодержащее стекло с небольшим количеством высокотемпературной формы псевдоволластонитового компонента. Химическая стойкость стекловидного покрытия значительно выше химической стойкости основы силикатного кирпича. Это объясняется тем, что силикаты и кварцсодержащее стекло в стекловидном покрытии химически более устойчивы по сравнению с гидросиликатами кальция силикатного кирпича.

Качество стекловидного покрытия определяется минералогическим составом поверхности, подвергаемой термодекорированию. Необходимым условием получения расплава является присутствие в поверхност-

ном слое кварцосодержащих компонентов. Этого можно добиться либо корректированием состава изделия (вводя необходимые добавки), либо нанесением на поверхность готового изделия специального паст-слоя толщиной 1–2 мм, что не только способствует образованию стекловидного покрытия, но и предотвращает разрушение структурообразующих гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция при термоударе.

Использование того или иного компонента пасты определяется:

- возможностью получения сплава;
- согласованностью химического и минералогического составов основы и пасты;
- доступностью и дешевизной.

Кроме того, нанесение пасты различного состава позволяет получить декоративную поверхность силикатного кирпича определенной цветовой гаммы.

С целью получения качественных защитно-декоративных покрытий на изделиях был осуществлен подбор составов паст с последующей их корректировкой на базе природных материалов и отходов промышленности: отходы производств горнодобывающей и стекольной промышленности, речной и кварцевый песок месторождений Республики Бурятия.

В ближайшие годы будут осуществляться инвестиции в промышленность строительных материалов республики, в частности в развитие Мухор-Талинского месторождения перлитового сырья. Первоочередными проектами для реализации их в 2011–2013 гг. могут быть: организация производства бесклинкерных вяжущих, пеностекла, силикатного кирпича, минеральных порошков для дорожного строительства.

**Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Урханова Л.А.* Силикатные материалы с наномодификатором // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010, Том 2, № 6. С. 51–58. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (дата обращения: \_\_\_\_\_).

**Dear colleagues!**

**The reference to this paper has the following citation format:**

*Urkhanova L.A.* Silicate materials with nanomodificator. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2010, Vol. 2, no. 6, pp. 51–58. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (Accessed \_\_\_\_\_). (In Russian).

**Библиографический список:**

1. *Урханова Л.А.* Регулирование физико-механических свойств композиционных материалов механохимической активацией вяжущих / Л.А.Урханова, А.Э. Содномов // Строительные материалы. 2007. № 11. С. 42–44.
2. *Баженов Ю.М.* Использование наносистем в строительном материаловедении // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С.10–13.
3. *Буянтуев С.Л.* Получение облицовочных материалов на основе местного сырья, обработанных плазмой / С.Л. Буянтуев, Л.А. Урханова, Н.В. Былкова // Вестник Бурятского государственного университета, серия 9: Физика и техника, вып.1. Улан-Удэ, 2001. С. 74–79.

**References:**

1. *Urkhanova L.A.* Regulation of physical and chemical properties of composite materials by mechanochemical activation // Building materials. 2007. 11. P. 42–44.
2. *Bazhenov Y.M.* Use of nanosystems in construction material science // Vestnik MGSU. 2009. № 3. P. 10–13.
3. *Buyantuev S.L.* Production of finishing materials based on local materials by using plasma treatment // Vestnik BGU. Series 9: Physics and Engineering. Issue 1. Ulan-Ude, 2001. P. 74–79.

**Контакты / Contact:****e-mail: [urkhanova@mail.ru](mailto:urkhanova@mail.ru)**

# 26–27 января 2011

## Москва, Экспоцентр на Красной Пресне

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Комитета по промышленности, строительству и наукоемким технологиям Госдумы РФ



Правительство Москвы (Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы)

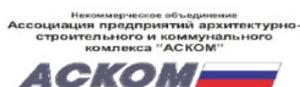


ОРГАНИЗАТОРЫ:



**ЕВРОЭКСПО**

ufi Member  
Полноправный член Всемирной Ассоциации выставочной индустрии  
ISO 9001



## II НАЦИОНАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ «СТРОЙИНДУСТРИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ.



## «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ-2011»

**В ПРОГРАММЕ АССАМБЛЕИ:**

**КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**26 ЯНВАРЯ 2011 г.**

**Пленарное заседание:**  
«Стратегия перехода к устойчивому развитию строительного комплекса России»

**Сессия:**  
«Применение нанотехнологий в строительстве. Теория и практика»

**В ПРОГРАММЕ АССАМБЛЕИ:**

**КРУГЛЫЕ СТОЛЫ**  
**27 ЯНВАРЯ 2011 г.**

**Круглый стол:**  
«Иновационные технологии и модернизация предприятий стройиндустрии регионов России»

**Круглый стол:**  
«Опыт перехода строительной отрасли на саморегулирование: строительство, проектирование, изыскания»



В РАМКАХ:

Двенадцатая специализированная выставка **2011**  
**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ**  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**



*Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА Международная конференция с элементами научной школы для молодежи*

ЕВТУШЕНКО Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор  
СЫСА Оксана Константиновна, кандидат технических наук, доцент, Россия  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

EVTUSHENKO Evgeny Ivanovich, Doctor of Engineering, Professor  
SYSА Oksana Konstantinovna, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Russian Federation  
*Belgorod Shukhov State Technology University*

---

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ДЛЯ МОЛОДЕЖИ «КЕРАМИКА И ОГНЕУПОРЫ: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И НАНОТЕХНОЛОГИИ»**

## **INTERNATIONAL CONFERENCE WITH THE ELEMENTS OF SCHOOL OF SCIENTIFIC THOUGHT FOR YOUTH «CERAMICS AND REFRACTORIES: PROSPECT SOLUTIONS AND NANOTECHNOLOGIES»**

---

**С** 2006 г. БГТУ им. В.Г. Шухова (кафедра технологии и дизайна керамики огнеупоров) совместно с коллегами из ведущих вузов и предприятий РФ ежегодно проводит семинары-совещания по вопросам технологии керамики и огнеупоров, в которых принимают участие представители ведущих предприятий отрасли, а также ученые и молодые специалисты профильных кафедр и подразделений НИИ и вузов России и зарубежья.

Семинар-совещание, прошедшее в форме Международной конференции с элементами научной школы для молодежи, состоялось 9–12 ноября 2010 г. В ходе работы конференции рассматривались вопросы синтеза наносистем, наноструктурного регулирования твердых фаз, создания новых керамических композиционных материалов с заданными свойствами, т. е. направлений исследований, отвечающих современным тенденциям развития науки и техники. Рассмотрен широкий круг вопросов в сфере фундаментальных и прикладных исследований, опытно-конструкторских разработок и проблем реального производства.

**Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА** Международная конференция с элементами научной школы для молодежи



**Пленарное заседание**

вляли ведущие научно-технические журналы: «Стекло и керамика», «Строительные материалы», «Новые огнеупоры», «Огнеупоры и техническая керамика», Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» и др. Конференция проходила в соответствии с планом мероприятий Научного совета РАН по керамическим материалам.

В работе конференции приняли участие более 200 специалистов профильных кафедр России, Украины, Беларуси, Казахстана, НИИ, предприятий отрасли, работающих в области технологии керамики, огнеупоров и композиционных материалов. Среди них профессора – Ю.Е. Пивинский, И.Д. Кащеев, З.Н. Скворцова, А.И. Рыщенко, М.Ф. Бутман и многие другие.



**Профессор Ю.Е. Пивинский**  
рассказывает о таланте ученого  
и инженера П.П. Будникова

В числе организаторов мероприятия – Министерство образования и науки РФ, Российская академия наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Российское керамическое общество. Информационную поддержку осуществляют

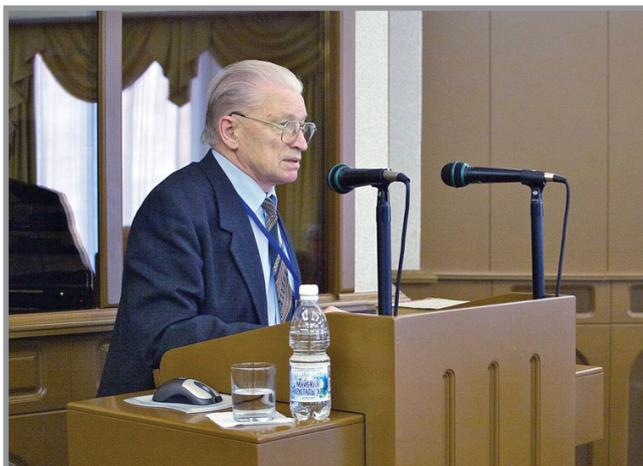
Конференция была посвящена 125-летию выдающегося советского ученого, специалиста в области химии и технологии силикатов, чл.-корр. АН СССР, акад. АН УССР, трижды лауреата Государственных премий СССР, Героя Социалистического Труда Петра Петровича Будникова (09.10.1885 – 06.12.1968). К этому событию был подготовлен обширный доклад д-ра техн. наук, проф. Ю.Е. Пивинского, который

был лично знаком с академиком. Юрий Ефимович отметил главные достижения П.П. Будникова, крупного специалиста в области науки силикатных материалов, внесшего неоценимый вклад в развитие этой отрасли, а также рассказал о жизни известного ученого, поделился своими воспоминаниями с присутствующими.

В докладе акад. РАН Ю.Д. Третьякова, чл.-корр. РАН Е.А. Гудилина на тему «Создание инновационных образовательных программ в области современного материаловедения», представленном доц. МГУ А.В. Кнотько, было отмечено, что развитие нанонауки, нанотехнологии и nanoиндустрии предусматривает особые требования к образовательным программам, диверсификация которых обусловлена специфическими требованиями к уровню подготовки специалистов. По мнению авторов, при подготовке молодых специалистов особенную ценность представляет создание нового образовательного стандарта «Инженерия функциональных и конструкционных нано- и биоматериалов», подготовленного в настоящее время в рамках программы приоритетного развития Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Следует отметить активное участие в работе конференции ученых МГУ им. М.В. Ломоносова. Огромный интерес вызвали работы канд. хим.наук О.А. Шляхтина (химический факультет) – о разработке материалов из тонких оксидных порошков, синтезированных криохимическим методом, канд. хим.наук А.В. Кнотько – о возможности и условиях модификации наноструктуры оксидных материалов через внутреннюю твердофазную реакцию ионного обмена. Под руководством д-ра хим. наук, проф. А.В. Скворцовой проведены исследования по изучению процессов жидкофазного спекания порошков различной природы: карбоната кальция, хлорида натрия и других минералов.

Мировые тенденции в производстве огнеупорных материалов, а также требования к уровню практических и научных знаний при подготовке квалифицированных кадров для промышленного комплекса России были подробно рассмотрены в докладе технического директора ООО «Группа Магнезит» канд. техн. наук. Л.М. Аксельрода. Отмечено, что во всем мире интенсифицируются действия по созданию, развитию, обновлению традиционных и нетрадиционных процессов производства новых огнеупорных материалов, в том числе и с использованием наноматериалов. Для российской науки актуальна задача спровоцировать реализацию творческого потенциала российских ученых и специали-



**Профессор И.Д. Кащеев читает лекцию о современных технологиях производства огнеупорных материалов**

стов для преодоления наметившегося отставания в этой области.

Вопросам развития огнеупорной промышленности был посвящен и доклад одного из крупнейших ученых и педагогов, зав. кафедрой химической технологии керамики и огнеупоров Уральского государственного технического университета – УПИ, д-ра техн. наук, проф. И.Д. Кащеева – «Современные технологии производства и применения огнеупорных материалов». Автором отмечено, что огнеупорная промышленность

на современном этапе развивается в направлении повышения качества огнеупоров, улучшения их эксплуатационных характеристик и срока службы. Одним из актуальных направлений при этом является применение наночастиц углерода для заполнения микропор в составе огнеупора.

Перспективным технологиям в области нанесения нанокompозитных покрытий тонкопленочной керамики и был посвящен доклад ген. директора ООО НПФ «Элан-Практик» Ю.В. Агабекова. В настоящее время наиболее актуальными в этом отношении являются вакуум-плазменные технологии, позволяющие формировать модифицирующие покрытия на основе оксидной и бескислородной керамики, металлов и неметаллов, а также многослойные и многофазные композиционные пленки. Специалистами БГТУ им. В.Г. Шухова под руководством д-ра техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко установлены основные рабочие параметры процессов создания модифицирующих покрытий на керамических изделиях, выявлены закономерности формирования фазового состава и свойств покрытий в зависимости от условий их нанесения. Установлено, что срок службы материалов в данных условия может существенным образом увеличиться по сравнению с изделиями без покрытия.

На кафедре химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д.И. Менделеева под руководством д-ра хим. наук, проф. А.В. Беля-

*Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА* Международная конференция с элементами научной школы для молодежи

кова осуществлен синтез иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), используемого в качестве одного из синтетических заменителей алмаза. Другая перспективная разработка ученых РХТУ – керамические мембраны для биотехнологии, обладающие антибактериальными свойствами.

Разработке ресурсо- и энергосберегающих технологий производства керамики и огнеупоров на основе нанодисперсного структурированного вяжущего был посвящен доклад канд. техн. наук, доц. М.В. Луханина и д-ра техн. наук, проф. Павленко С.И. (Сибирский государственный индустриальный университет).

Исследования сотрудников Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН д-ра хим.наук О.А. Шиловой и канд.хим.наук И.Н. Цветковой, направленные на совершенствование электрохимического оборудования для аккумуляции и преобразования энергии, были представлены в докладе «Синтез и исследование физико-химических свойств керамических и силикатных нанокomпозитов для химической энергетики».

В ходе конференции был представлен ряд работ в области строительной и тонкой керамики: д-ра техн.наук, проф. А.П. Зубехина, И.Г. Довженко – Южно-Российский государственный технический университет; д-ра техн.наук, проф. Е.И. Евтушенко, А.С. Иванова – БГТУ им. В.Г. Шухова; Г.В. Мозгового – ЗАО «Сызранская керамика»; д-ра геол.-минерал.наук, проф. Б.О. Есимова, канд.техн.наук Т.А. Адырбаевой, Е.С. Дубинина – Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова; Е.О. Богдан – Белорусский государственный технологический университет; д-ра техн.наук, проф. М.С. Гаркави – Магнитогорский государственный технологический университет им. Г.И. Носова; канд.техн.наук, доц. Т.И. Шелковниковой – Воронежский государственный архитектурно-технологический университет.



**Доклад профессора *Е.И. Евтушенко* о направлениях научной деятельности кафедры технологии и дизайна керамики и огнеупоров (БГТУ им. В.Г. Шухова)**

*Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА* Международная конференция с элементами научной школы для молодежи

В разделе «Искусственные керамические вяжущие, ВКВС, керамобетоны различного назначения» заслушаны работы канд. техн. наук В.А. Дороганова, Д.В. Юрчука, Ю.Н. Трепалиной (БГТУ им. В.Г. Шухова), С.М. Мальцева (ЗАО «Союзтеплострой»).

Направления исследований украинской науки были подробно освещены в выступлениях сотрудников Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» – д-ра техн. наук, проф. Г.Д. Семченко, проф. М.И. Рыщенко, д-ра техн. наук, проф. Г.В. Лисачук и др.

В целом представленные на конференции доклады соответствуют мировому уровню науки.

Очевидно, что современные разработки отечественных ученых в области керамики и огнеупоров представляют ценность для развития научно-технического комплекса РФ.

Представители ведущих предприятий, выпускающих керамические и огнеупорные материалы, активно участвовали в работе конференции. Среди них: ООО «Группа Магнезит», ООО «Самарский стройфарфор», ОАО «Семилукский огнеупорный завод», ОАО «Завод ЖБК-1», ООО НВФ «Керамбетогнеупор» (г. Санкт-Петербург), ООО «Термотехно», ЗАО «Союзтеплострой», ООО «Грейс Си-Ай-Эс», ООО «Кера-



**Доклад доцента А.В. Кнотько  
(МГУ им. М.В. Ломоносова)**



**Работа конференции.**

Вед. научн. сотрудник химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова  
**О.А. Шляхтин,**  
зам. ген. директора ЗАО «Пласт-Рифей»  
**З.В. Стафеева,**  
ген. директор ЗАО «Пласт-Рифей»  
**Т.М. Аргынбаев,**  
ген. директор НПФ «Элан-Практик»  
**Ю.В. Агабеков,**  
проф. Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина  
**И.Д. Кащеев**

*Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА* Международная конференция с элементами научной школы для молодежи

*Л.М. Аксельрод* (техн. директор «Группы «Магнезит»), проф. *М.Ф. Бутман* (Ивановский государственный химико-технологический университет), доцент *А.М. Салахов* (Казанский государственный технологический университет)

мика Гжели», Производственный кооператив «Дулевский фарфор» (г. Ликино-Дулево), а также ЗАО «Пласт-рифей» (Челябинская обл., г. Пласт), ООО «Борисовская керамика» (г. Борисовка), НПФ «Элан-практик» (г. Дзержинск, Нижегородская обл.), ООО «Ростехкерам» и многие другие.

В рамках конференции состоялась научная школа для молодежи, программа которой включала тематические лекции для молодых ученых и специалистов предприятий профессоров И.Д. Кащеева, З.Н. Скворцовой, Е.И. Евтушенко, ген. директора ООО НПФ «Элан-Практик» Ю.В. Агабекова. Был проведен ряд круглых столов по вопросам инновационных разработок и новых решений в технологии керамики и огнеупоров.

11 ноября 2010 г. в ходе работы Международной конференции проведена Всероссийская Интернет-конференция «Практика применения Федерального закона №217-ФЗ от 2 августа 2009 г. и проблемы его реализации». По результатам Интернет-конференции сформированы и изложены в резолюции основные проблемы, сдерживающие эффективную реализацию Федерального закона №217-ФЗ. Предложения участников будут рассмотрены Комитетом Государственной думы по науке и наукоемким технологиям.

По итогам Международной конференции «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» подготовлены предложения по расширению сфер взаимодействия между профильными кафедрами, НИИ, предприятиями отрасли. Участникам была предоставлена возможность получения полной и достоверной информации о текущем состоянии и перспективах развития высоких технологий тугоплавких

*Е.И. ЕВТУШЕНКО, О.К. СЫСА* Международная конференция с элементами научной школы для молодежи

неметаллических и силикатных материалов. Конференция стала рабочей площадкой для осуществления взаимодействия отечественных и зарубежных ученых в сфере высоких технологий керамики и композиционных материалов, активизации участия молодежных научных коллективов в реализации научных и отраслевых программ. Кроме того, широкое участие специалистов ведущих предприятий по производству керамических и огнеупорных материалов позволит дать новый толчок инновационному развитию отрасли.



**Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» за информационную поддержку Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» награжден Дипломом.**


 Nanobuild.ru  
 научный интернет-журнал

**Контакты / Contact:**

**e-mail: [tdko@intbel.ru](mailto:tdko@intbel.ru)**

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

УДК 541.11

**ШАХПАЗОВ Евгений Христофорович**, доктор технических наук, профессор, Россия  
**ЗАЙЦЕВ Александр Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, Россия  
**РОДИОНОВА Ирина Гавриловна**, доктор технических наук, Россия

*Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»)*

**SHAKHRAZOV Evgenij Khristoforovich**, Doctor of Engineering, professor, Russian Federation  
**ZAYTSEV Aleksandr Ivanovich**, Doctor of Physics and mathematics, professor, Russian Federation  
**RODIONOVA Irina Gavrilovna**, Doctor of Engineering, Russian Federation  
*Federal state unitary enterprise «Bardin central scientific research institute of ferrous metallurgy»*

## **ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ И СТАБИЛЬНОСТИ СВОЙСТВ ГОРЯЧЕ- И ХОЛДНОКАТАНОГО ПРОКАТА ПУТЕМ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ АВТОЛИСТОВЫХ СТАЛЕЙ**

## **INCREASING OF THE LEVEL AND STABILITY OF HOT- AND COLD-ROLLED METAL CHARACTERISTICS USING PURPOSEFUL NANOSTRUCTURING OF HIGH-STRENGTH LOW-ALLOY ELECTRIC STEELS**

Тенденция повышения до предельно высокого уровня целого комплекса свойств стали, как правило, трудносочетаемых (например, прочности, пластичности, штампуемости, коррозионной стойкости), вызывает необходимость применения принципиально новых методов достижения необходимой структуры, высоких показателей технологических, механических, физико-химических характеристик металла. Ключевую роль при этом играет наноструктурирование путем управления выделениями неметаллических избыточных фаз и/или упрочняющих структурных составляющих, формирование которых должно происходить в строго регламентированных условиях на определенных стадиях производства стали.

Tendency of increasing the whole complex of steel properties (for example, strength, plasticity, stampability, corrosive resistance) which are as a rule difficult to mix to a limit level causes the necessity to apply fundamentally new methods for obtaining proper structure, high technological, mechanical, physical and chemical characteristics of metal. Nanostructuring plays the key role in this process. Nanostructuring is performed by the regulation of non-metals excessive phases' isolation and/or strengthening structural constituents which formation should occur under strictly regulated conditions at the certain stages of steel production.

**Ключевые слова:** наноструктурирование стали, цементитная составляющая стали, комплекс свойств, стабильность свойств металлопродукции, современные металлургические технологии.

**Key-words:** steel nanostructuring, cementitious steel constituent, complex of properties, complex of characteristics, stability of metal products properties, modern metallurgical technologies.

Современные автолистовые стали становятся все более сложным, «интеллектуальным» материалом, а технология их получения – более наукоемкой. Динамика роста требований к основным служебным характеристикам (прочности, штампуемости, коррозионной стойкости) автолистовых сталей свидетельствует об их возрастании в несколько раз за короткий промежуток времени (5–10 лет). В частности, с 2003 г. необходимый предел текучести высокопрочных низколегированных автолистовых сталей вырос с 300–350 до 500–600 МПа. Раньше требований к коррозионной стойкости автолиста вообще не предъявляли, но сейчас, а особенно в будущем необходимо обеспечить отсутствие следов косметической и перфорирующей коррозии в течение 5–10 лет [1].

Следует отметить, что еще несколько лет назад при разработке стали требования предъявляли преимущественно к одному свойству. Сейчас требуется повышение до предельного уровня целого комплекса свойств, как правило, трудносочетаемых, например, прочности, пластичности, штампуемости, коррозионной стойкости.

Отмеченная тенденция привела к необходимости использования принципиально новых методов достижения необходимой структуры, высоких показателей технологических, механических, физико-химических характеристик металла, среди которых важнейшая роль отводится наноструктурированию путем управления выделением неметаллических избыточных фаз и/или упрочняющих структурных составляющих, формирование которых должно происходить в строго регламентированных условиях на определенных стадиях производства стали [1, 2]. Приоритет реализации тех или иных процессов зависит от принятой технологической схемы и типа производимой металлопродукции. Например, в результате выполненных детальных исследований однозначно показано, что для холоднокатаных низколегированных сталей, в отличие от горячекатаных, окончательный комплекс механических характеристик металлопродукции формируется на стадии рекристаллизационного отжига (непрерывного или колпакового). Поэтому на стадии горячей прокатки металла, предназначенного для получения холоднокатаного проката, эффективное измельчение зерен-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

ной структуры не является основной задачей. Более важным является получение определенных показателей количества и морфологии выделившихся частиц избыточных фаз и состояния твердого раствора. Это при последующей холодной прокатке и термообработке (рекристаллизационный отжиг) обеспечит формирование выделений различной степени дисперсности, которые также контролируют размер и форму зерна в готовой металлопродукции. При этом ключевая роль в достижении необходимого комплекса свойств принадлежит практически не изученному и не используемому в настоящее время процессу формирования определенной наноструктурной цементитной составляющей стали.

Последние исследования однозначно показали, что воздействие на формирование структуры и свойств частиц избыточных фаз и структурных составляющих усиливается с уменьшением их размеров, особенно при переходе в наноразмерную область (менее 0,1 мкм) [1, 2]. При этом происходит интенсивное измельчение зеренной структуры, повышаются прочностные характеристики и твердость, достигают экстремальных значений некоторые физические и физико-химические свойства, в частности, магнитная индукция насыщения, коррозионная стойкость. Следует подчеркнуть, что инструментальные возможности исследования влияния нанометровых объектов на структуру и свойства стали появились только в последнее время и истинный предел достижимых характеристик еще не установлен. Существующие оценки, имеющие определенный положительный физический запас, показывают возможность увеличения ряда характеристик в несколько раз. Таким образом, создание условий для формирования определенной наноструктурной составляющей металла, включающей заданные типы, количества, размеры и морфологию выделения неметаллических избыточных фаз и структурных составляющих является важнейшим инструментом, позволяющим добиться прорывного повышения показателей механических, физико-химических, служебных характеристик проката высокопрочных низколегированных автолистовых сталей. Для таких сталей характерно присутствие традиционных механизмов упрочнения: твердорастворного, путем измельчения зерна, дисперсионного твердения. В каждый из них тот или иной вклад вносит выделение неметаллических избыточных фаз в зависимости от их типа, количества, размера и морфологии.

Общим для всех высокопрочных, низколегированных, низкоуглеродистых типа 08Ю, сверхнизкоуглеродистых повышенной штампуемо-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

сти (IF), термоупрочняемых с ВН-эффектом автолистовых материалов (и других массовых высококачественных сталей) является присутствие выделений нитрида алюминия и сульфида марганца. Рассматриваемые частицы, в зависимости от условий формирования и морфологии, могут существенно влиять на характеристики зеренной структуры и свойства, а именно: приводить к повышению или снижению прочности, штампуемости, обеспечивать заданный уровень ВН-эффекта и определять склонность металла к естественному старению из-за изменения содержания примесей внедрения (углерода и азота) в твердом растворе.

Для формирования определенных выделений неметаллических избыточных фаз, контролирующих свойства стали, используют добавки так называемых микролегирующих элементов, содержание которых невелико и обычно не превышает 0,1% для каждого элемента, а в сумме, как правило, составляет не более 0,15–0,17%. Дисперсные, особенно наноразмерные выделения, которые образуются при распаде пересыщенных твердых растворов, препятствуют движению дислокаций, тем самым упрочняя материал. Кроме того, частицы оказывают влияние на тип структурных составляющих, тип и характер распределения дефектов кристаллического строения. Наиболее характерным следствием введения микролегирующих добавок является торможение рекристаллизации аустенита при контролируемой прокатке, которое обуславливает формирование мелкого зерна при последующем  $\alpha/\gamma$  превращении. В настоящее время для микролегирования высокопрочных автолистовых сталей наиболее широкое применение нашли Ti, Nb, V, которые имеют наиболее благоприятные значения энергии Гиббса для формирования в диапазоне температур горячей прокатки и термообработки нитридов, карбидов, карбонитридов и других избыточных фаз. По сродству к углероду и устойчивости карбидов их можно расположить последовательно: V, Nb, Ti. Склонность элементов к образованию нитридов выше, чем способность формировать карбиды. В частности, комбинированное введение Nb, V и Ti в сталь ведет к образованию комплексных выделений [3], так как карбиды и нитриды указанных элементов имеют одну и ту же ГЦК-структуру типа NaCl. Ранее термодинамический анализ условий их образования в сталях проводился на основе приближения к полной взаимной растворимости карбидов и нитридов Nb, V и Ti [4].

В ряде случаев его результаты хорошо описывали экспериментальные данные, в том числе для промышленных условий. Более точный

анализ требует учета фазового расслоения в карбидных или карбонитридных системах, которое связано как с различием параметров решетки карбидов/нитридов различных металлов, так и с величинами энергий Гиббса обменных реакций во взаимных системах карбонитридов. В частности, в системе (Ti, Nb)(C, N) уже при относительно высоких температурах сосуществуют практически чистые TiN и NbC [5, 6]. При дополнительном введении ванадия он, в зависимости от температуры и состава, может либо концентрироваться преимущественно в нитридной фазе, либо формировать преимущественно карбид [6].

Для достижения принципиально нового уровня свойств высокопрочных низколегированных автолистовых сталей разработан и использован комплексный подход к исследованию условий формирования частиц и их влияния на свойства, который включает термодинамический анализ (расчет) температурных интервалов выделения частиц, электронно-микроскопическое исследование их морфологии, определение содержания примесей внедрения в твердом растворе методом внутреннего трения (на разных этапах производственного цикла), комплексные металлографические исследования, а также механические испытания, в том числе до и после естественного и искусственного старения [7–9]. Для проведения термодинамического анализа и расчета были использованы разработанные термодинамические, физико-химические и компьютерные модели фазового состава сталей, которые позволяют при заданных общих концентрациях компонентов, температуре и давлении определить следующее: выделение каких из возможных в рассматриваемой системе избыточных фаз будет происходить, оценить их количество, химический, фазовый, фракционный состав для широкого интервала температур 600–1300°C и в результате оценить влияние на получаемые свойства проката [7–10].

Важным является следующее обстоятельство: характеристики (тип, количество, размер и морфология) выделения неметаллических избыточных фаз (наноструктурной составляющей стали) определяют не только уровень, но и стабильность свойств металлопродукции, что делает ее намного более привлекательной для потребителей. С другой стороны, практическая реализация той или иной технологии не позволяет с бесконечной точностью воспроизводить те или иные параметры химического состава и технологических параметров производства стали. Поэтому целесообразным является совместное рассмотрение влия-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

ния характеристик выделений избыточных фаз как на уровень, так и на стабильность свойств горячекатаного проката.

С использованием представленного подхода установлено, что предпочтительным является микролегирование горячекатаных высокопрочных автолистовых сталей ниобием или ниобием и титаном [10]. Микролегирование V нецелесообразно. Для получения горячекатаного проката с пределом текучести не менее 450 МПа разработан базовый химический состав стали с содержанием углерода 0,08%, легированием марганцем – 0,8%, кремнием – 0,25%, микролегированием ниобием – 0,05%, титаном – 0,025%, алюминием – 0,04%. Термодинамический расчет выполняли для модельных составов (табл. 1), в которых при постоянных содержаниях марганца, кремния, алюминия и титана, соответствующих базовому уровню, варьировали, в пределах обычно имеющего место марочного разброса, содержания углерода (0,06 и 0,09%), азота (0,006 и 0,009%) и ниобия (0,035 и 0,05%), которые в наибольшей степени влияют на уровень и стабильность получаемых служебных свойств проката.

Таблица 1

### Рассмотренные химические составы стали

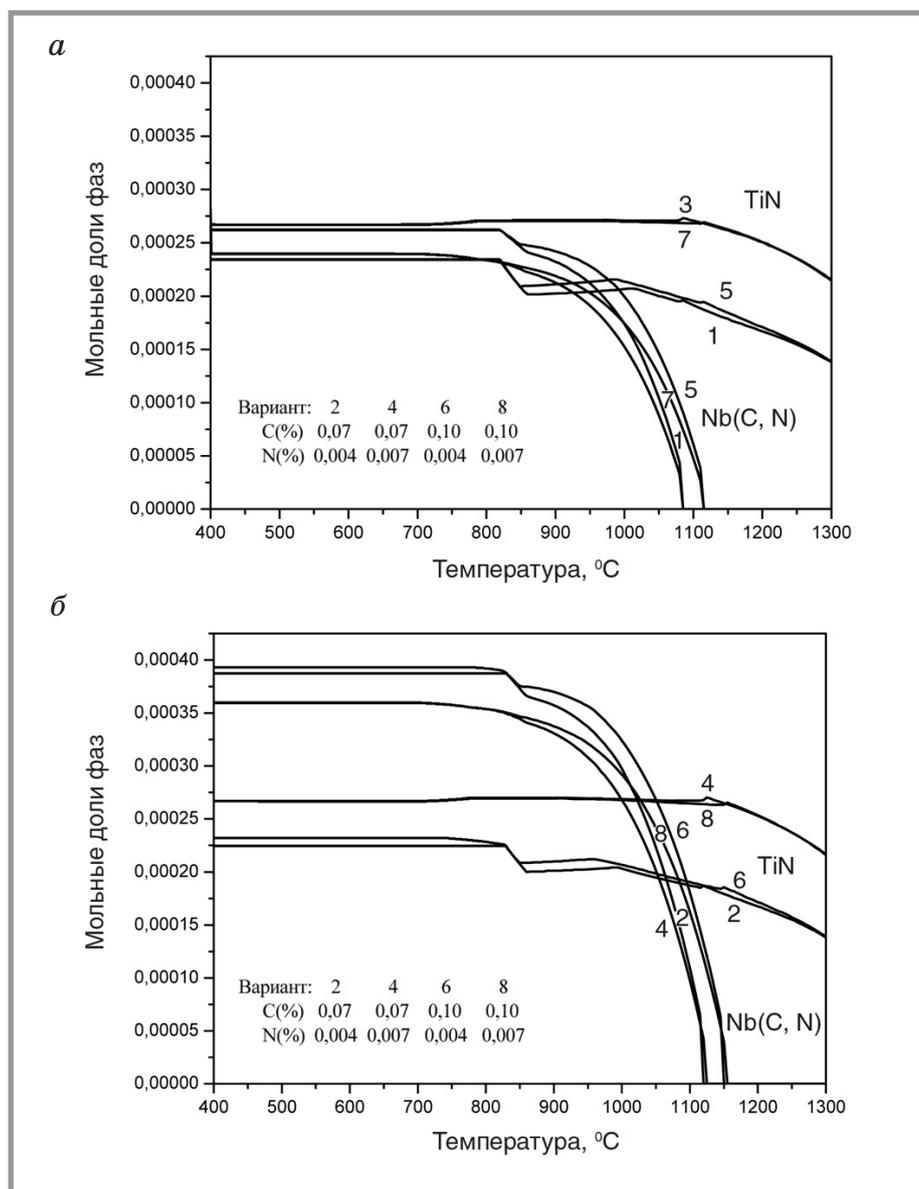
№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8
Содержание элементов, масс. %	C	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10
	N	0,004	0,004	0,007	0,007	0,004	0,004	0,007	0,007
	Nb	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06

На рис.1 представлены результаты расчета температурных зависимостей мольных долей карбонитрида ниобия и нитрида титана.

На рис.1 показано, что при нагревании заготовок под прокатку в стали сохраняется выделение нитрида титана, мольная доля которого определяется содержанием азота.

Для рассматриваемых вариантов химического состава несколько различаются величины температуры полного растворения карбонитрида ниобия, в соответствии с которыми должны различаться оптимальные значения температуры нагрева заготовок под прокатку. При содержании ниобия и углерода на нижнем пределе рассматриваемого диапазо-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*



**Рис. 1. Рассчитанные температурные зависимости мольных долей выделения избыточных фаз в сталях с содержанием ниобия:**  
а – Nb 0,04%; б – Nb 0,06%

на концентраций полное растворение карбонитрида ниобия происходит при температуре около 1080–1100°C, что определяет целесообразность назначения температуры нагревания металла под прокатку в интервале 1100–1150°C. При содержании указанных элементов на верхнем пределе температура полного растворения частиц карбонитрида ниобия возрастает до 1150–1160°C. Поэтому для таких вариантов химическо-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

го состава температура нагревания металла под прокатку должна быть несколько выше – в интервале 1160–1210°C. Это обеспечит полное растворение карбонитрида ниобия при нагревании и его последующее выделение в процессе горячей прокатки, приводящее к эффективному измельчению зерна.

Общее содержание карбонитридной фазы Nb(C, N) определяется, главным образом, концентрацией ниобия. В рассматриваемом интервале изменения содержания Nb равновесное количество Nb(C, N) изменяется не более чем в полтора раза. Причем выделение основного количества частиц Nb(C, N) происходит в процессе горячей прокатки при реально имеющих место на непрерывных прокатных станах температурах. В настоящее время на большинстве ведущих отечественных металлургических предприятий температура окончания прокатки высокопрочных низколегированных сталей составляет 800–850°C. Можно предположить, что некоторое различие в долях выделений не должно привести к существенной нестабильности свойств. Тем не менее, как свидетельствуют результаты выполненных исследований [10, 11], назначение температуры конца прокатки, в зависимости от фактического химического состава, должно обеспечить еще более высокую стабильность свойств. Поэтому при содержании углерода и ниобия на нижнем пределе рассматриваемого диапазона целесообразно заканчивать прокатку в интервале температур 800–820°C. При более высоком содержании указанных элементов возможно использование более высоких температур окончания прокатки.

Результаты анализа свидетельствуют, что выбранный диапазон содержания элементов в стали, который обеспечивается возможностями современных металлургических технологий, является допустимым для обеспечения требуемого комплекса свойств, особенно при некоторой корректировке параметров горячей прокатки в зависимости от фактически имеющего место химического состава стали.

Возможность оценки степени влияния изменения температуры смотки полосы в рулон на получаемый уровень свойств и их стабильность расчетными методами термодинамики и физической химии затруднительно из-за существенного вклада многих кинетических параметров, которые могут быть определены только экспериментально. Поэтому при разработке рекомендаций по технологии производства горячекатаного проката определенного класса прочности из стали задан-

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

ного химического состава целесообразно проведение эксперимента, направленного на уточнение оптимальных значений температуры смотки и допустимого диапазона их изменения.

С этой целью для стали базового состава (С – 0,08%; Мn – 0,8%; Si – 0,25%; Nb – 0,05%; Ti – 0,025%; Al – 0,04%; N – 0,005%) выполнено детальное экспериментальное исследование влияния температуры смотки на уровень механических свойств. Опытную плавку стали выполнили в 50-килограммовой вакуумной индукционной печи. Полученный химический состав стали (С – 0,078%; Мn – 0,82%; Si – 0,23%; Nb – 0,049%; Ti – 0,024%; Al – 0,043%; N – 0,0054%) близок к выбранному. Содержание серы получено на низком уровне – 0,0033%.

В процессе горячей прокатки полученных опытных образцов стали варьировали только величину температуры смотки путем помещения прокатанной полосы в печь, термостатированную при различных температурах. Нагрев под прокатку осуществляли при температуре 1150°C, промежуточная температура, имитирующая  $T_6$  (температуру металла перед чистовой группой клетей), составляла 980°C, температура конца прокатки  $T_{\text{кп}}$  – 830°C. Смотку (имитацию) осуществляли при шести значениях температуры в интервале 520–620°C. В дальнейшем образцы охлаждали с помощью печи, имитируя охлаждение смотанного рулона, до комнатной температуры, изготавливали образцы и проводили механические испытания. В таблице 2 представлены средние значения результатов механических испытаний трех образцов опытной стали.

Таблица 2

**Механические свойства и режимы смотки проката опытной стали толщиной 2,3 мм**

Партия	Механические свойства			$T_{\text{см}}, ^\circ\text{C}$
	$\sigma_r, \text{МПа}$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta_4, \%$	
1	460	550	19	520
2	485	575	20	540
3	545	620	25	560
4	565	630	27	580
5	500	590	26	600
6	490	585	28	620

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

Из данных таблицы 2 следует, что изменение температуры скотки полосы в рулон в изученных пределах оказывает существенное влияние на получаемый комплекс механических свойств. Причем для получения наиболее высокого комплекса свойств для стали разработанного химического состава оптимальный диапазон значений температуры скотки составляет 560–580°C. Следует отметить, что существующее на отечественных металлургических предприятиях оборудование обеспечивает возможность поддержания температуры скотки полосы в рулон в пределах  $\pm 10^\circ\text{C}$ . Это, согласно полученным результатам (табл. 2), при выборе оптимального температурного диапазона скотки  $550 \pm 10^\circ\text{C}$  должно гарантировать получение требуемого комплекса механических свойств для проката толщиной порядка 2 мм.

Результаты выполненного исследования показывают, что выбранный диапазон содержания элементов в стали, обеспечиваемый возможностями современных металлургических технологий, отвечает высоким и стабильным требованиям к комплексу свойств горячего проката. Некоторые дополнительные резервы могут быть реализованы при осуществлении корректировки параметров горячего проката в зависимости от фактического химического состава стали.

Путем управления процессом выделения неметаллических избыточных фаз (наноструктурированием стали), кроме получения высоких показателей уровня и стабильности служебных характеристик, можно обеспечить высокую однородность состава, структуры и свойств по поперечному сечению проката. Действительно, в процессе непрерывного литья заготовок, даже при использовании современных технологий электромагнитного перемешивания, мягкого обжатия, введения холодильников в осевую зону образующегося слитка, невозможно добиться полной однородности состава по сечению заготовки. В результате протекания ликвационных процессов происходит обогащение осевой зоны по легирующим и примесным элементам, прежде всего, по легколиквирующим, таким как углерод, сера и т. п. В процессе нагревания заготовок под горячую прокатку в той или иной степени происходит растворение присутствующих выделений неметаллических избыточных фаз, в частности, полное растворение карбонитридов ниобия и ванадия [10, 11]. В дальнейшем при прокатке остывание полосы происходит с поверхности, что стимулирует формирование выделений избыточных фаз именно здесь. В результате возникшего температурно-концентрационного

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

градиента химического потенциала происходит диффузионный перенос элементов из центральной области к поверхности, что стимулирует изменение концентрации, структуры и свойств металла по поперечному сечению проката. Интенсивность такого переноса, естественно, зависит от химического состава стали и температурно-деформационного режима прокатки, контролирующей интенсивность протекания описанных процессов. В результате может сохраняться и более высокая концентрация компонентов в середине полосы, и большее обогащение приповерхностной зоны по сравнению с центральной областью. Это иллюстрируют результаты определения содержания углерода в разных областях горячекатаных полос низколегированных высокопрочных автолистовых сталей (табл. 3). Важно, что намного более интенсивное выделение частиц карбонитрида ниобия в поверхностном слое проката толщиной 2,75 мм приводит и к более существенному измельчению зерна в этой области по сравнению с центральной зоной (рис. 2).

*Таблица 3*

**Результаты спектрального анализа химического состава горячекатаной стали по толщине проката**

Толщина проката	Содержание углерода, %	
	Место по толщине образца	
	Середина	Поверхность
4	0,066	0,065
	0,067	0,064
2,75	0,073	0,076
	0,061	0,064

Таким образом, управление процессами выделения неметаллических избыточных фаз (наноструктурированием стали) при горячей прокатке позволяет устранить недостатки непрерывнолитых заготовок и получать прокат с однородным по сечению составом, структурой и свойствами. То есть, полученные результаты свидетельствуют о существовании принципиальных резервов получения однородного по составу, структуре и свойствам проката, которые могут быть реализованы на основе обоснованных сквозных моделей, схем производства горячекатаных сталей различного назначения.

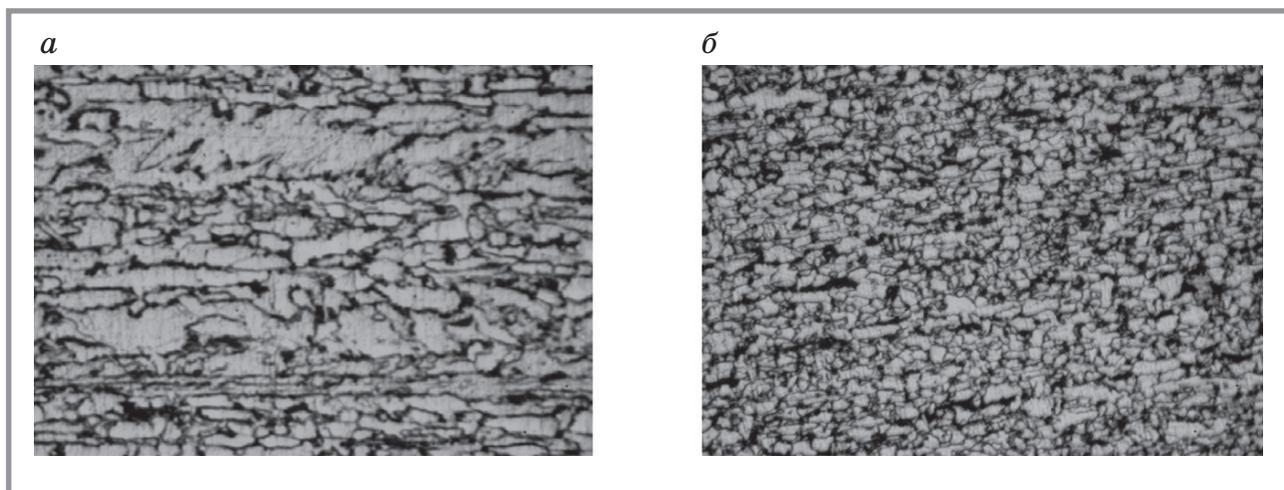
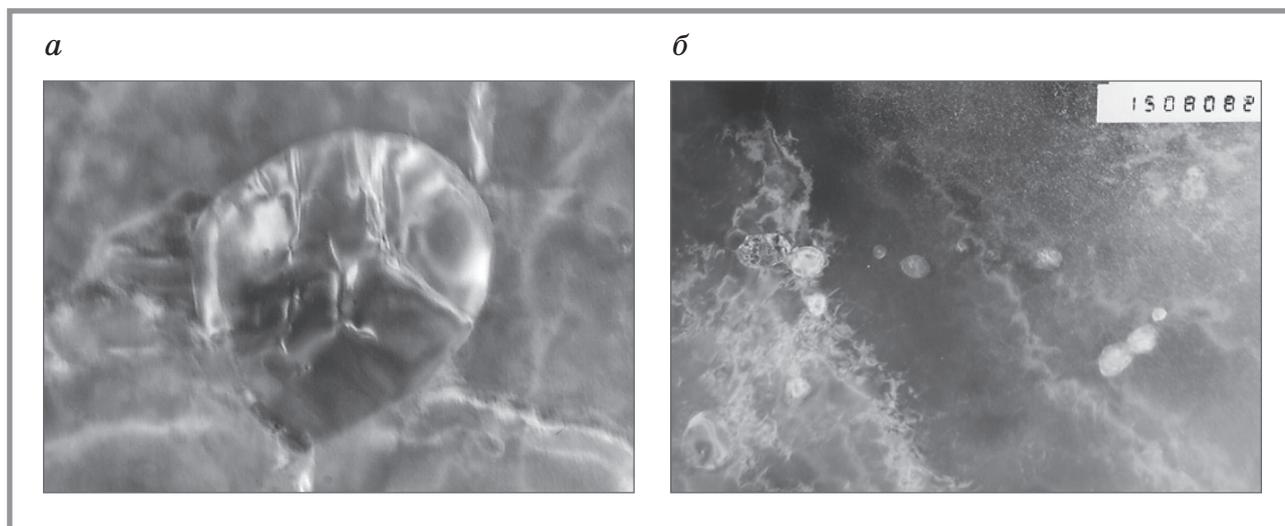


Рис. 2. Микроструктура слоев горячекатаного проката толщиной 2,75 мм:  
а – внутренний; б – поверхностный

Не менее значимо влияние типа, количества и размера выделений неметаллических избыточных фаз на формирующуюся структуру и свойства холоднокатаных сталей, хотя, как отмечалось выше, механизмы такого влияния несколько отличны, чем для горячекатаного проката. Прежде всего, следует остановиться на одном довольно интересном и неожиданном примере. Результаты детальных исследований свидетельствуют, что цементитная фаза при охлаждении после прокатки и отжига может выделяться на частицах сульфида марганца. Если таких частиц мало, то и количество цементитных выделений будет невелико, а размеры достаточно большими, что может быть зафиксировано на обычном металлографическом микроскопе. Последнее наблюдается в металле при низком содержании серы и малом значении произведения концентраций  $[Mn] \times [S]$  (см. рис. 3). При увеличении содержания серы значения произведения концентраций  $[Mn] \times [S]$ , число выделений сульфида марганца возрастает, что создает условия для последующего осаждения на их поверхности цементита с образованием большого числа мелких частиц такого типа, которые можно наблюдать только при больших увеличениях (см. рис. 3). Присутствие в стали мелкодисперсных частиц сульфида марганца приводит к измельчению зерна в холоднокатаном прокате, так как эти частицы являются центрами зарождения новых зерен при рекристаллизации, а также к увеличению количества комплексных частиц с отложением цементита на их поверхности. При этом повышается прочность, но существенно снижается пластичность стали.

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*



**Рис. 3. Типичный вид цементитных частиц:**  
а – в горячекатаных сталях; б – в холодном прокате

При прочих равных условиях, увеличение содержания серы в холоднокатаных сталях с 0,009 до 0,018% приводит к уменьшению среднего размера зерна от ~15 до ~5 мкм и возрастанию предела текучести в 2,5 раза – с 203 до 511 МПа (рис. 4). Наблюдается существенное воздействие на размер формирующегося зерна и получаемые свойства мелкодисперсных частиц MnS. С увеличением их количества уменьшается размер зерна, а также увеличивается количество мелкодисперсных цементитных отложений на их поверхности. Поэтому для получения стабильного комплекса свойств необходимо регламентировать содержание Mn и S. Для рассматриваемых низколегированных автолистовых сталей, исходя из сравнительно высокого содержания серы, фактического химического состава и невозможности влияния на размеры частиц MnS путем управления параметрами горячей прокатки, следует регламентировать содержание серы на уровне 0,010–0,015%.

Выполненные детальные исследования условий выделения других избыточных фаз позволили установить основные закономерности влияния химического состава и технологических параметров производства холоднокатаного проката на образование наноструктурной составляющей низколегированных сталей, которая, кроме сульфида марганца, состоит из выделений, нитрида алюминия, карбидов, нитридов и карбонитридов микролегирующих элементов – титана, ниобия и ванадия, а также имеющего ключевое значение цементита.

Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката

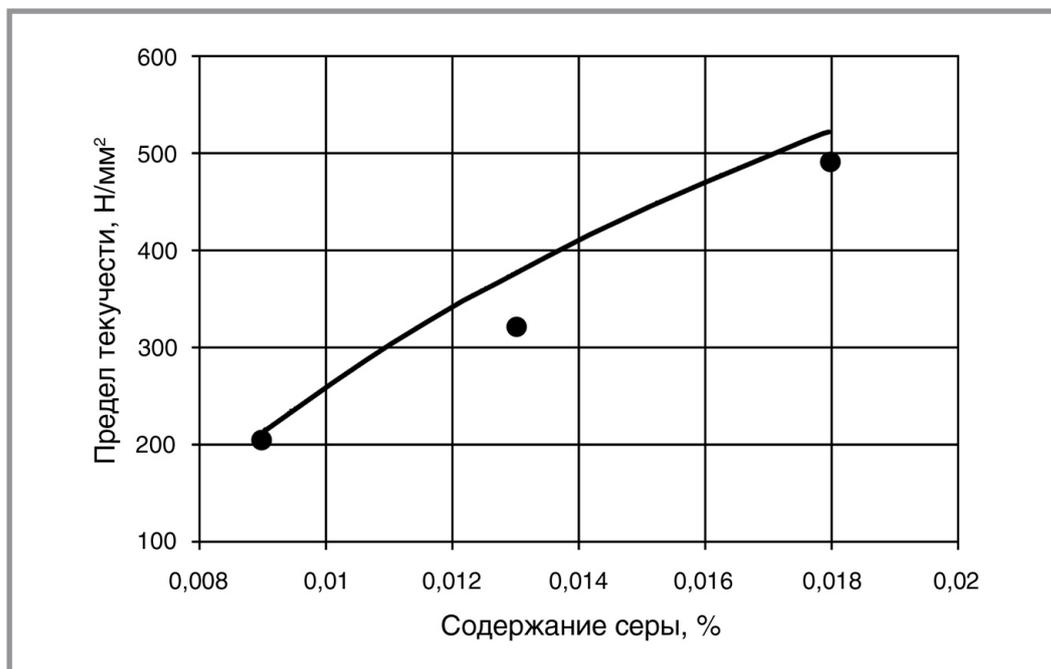


Рис. 4. Влияние содержания серы на предел текучести холоднокатаных высокопрочных низколегированных автолистовых сталей

При обычно используемом в высокопрочных низколегированных автолистовых сталях содержании титана (0,01–0,02%) и азота (0,004–0,008%), объемная доля частиц нитрида титана, образующаяся в процессе кристаллизации и дальнейшего охлаждения непрерывнолитой заготовки, практически не изменяется в процессе последующих переделов. Объемная доля нитрида титана для стали, имеющей отношение содержания титана к содержанию азота более 3,43, зависит от содержания азота, в противоположном случае (имеющем место для большинства производимых в настоящее время высокопрочных низколегированных сталей) – от содержания титана. Среднее содержание нитрида титана в существующих высокопрочных низколегированных сталях составляет 0,02%. При этом средний размер его частиц составляет 1 мкм. Учитывая сравнительно большие размеры частиц при низком содержании нитрида титана, можно предположить, что их общее количество и, соответственно, их вклад в измельчение зерна, а также в формирование цементитной составляющей, будет минимальным. Поэтому ограничение содержания титана и азота в стали в определенных пределах гарантирует отсутствие влияния таких частиц на свойства холоднокатаного проката.

На формирование частиц карбонитридов (карбидов) ниобия и ванадия влияют как химический состав стали, в частности, содержание в нем элементов, входящих в состав частиц, которое определяет температурные области их устойчивости, так и ряд технологических параметров. Частицы карбонитрида (карбида) ниобия могут выделяться как в процессе горячей прокатки (в виде частиц сравнительно больших размеров 0,1–0,5 мкм), подавляя рекристаллизационные процессы и приводя к измельчению зерна, так и в процессе последующего охлаждения и отжига в виде более мелкодисперсных частиц, вызывая процессы дисперсионного твердения. Поэтому на количество и морфологию указанных частиц, помимо химического состава, влияют параметры горячей прокатки и последующего охлаждения (в первую очередь, температура нагрева под прокатку, уровень температур прокатки в чистовой группе клетей, температуры конца прокатки и смотки), а также режим рекристаллизационного отжига холоднокатаного проката.

Средняя концентрация ниобия в низколегированных сталях составляет 0,04–0,06%, при этом общее содержание карбида ниобия будет находиться на близком уровне – 0,05%. При обычно применяемых температурах конца прокатки горячекатаного подката из низколегированных сталей, предназначенного для получения холоднокатаного металла, в среднем 850°C, около половины карбида ниобия будет приходиться на частицы, выделяющиеся при горячей прокатке и приводящие к измельчению зерна, а вторая половина – на частицы, выделяющиеся при последующем охлаждении, смотке и отжиге, приводящие к дисперсионному твердению. Таким образом, количество частиц сульфида марганца и карбида ниобия, влияющих на измельчение зерна в холоднокатаном прокате, примерно одинаково.

Кроме рассмотренных частиц, в сталях с достаточно высоким содержанием азота возможно выделение при горячей прокатке частиц нитрида алюминия. Однако, поскольку значительная доля азота будет связана титаном, содержание нитрида алюминия не должно превышать 0,01–0,02%. Указанные частицы размерами в среднем 0,2 мкм будут выделяться в нижней части температурного диапазона горячей прокатки.

Таким образом, оптимальные показатели химического состава и технологических параметров производства должны обеспечить условия для формирования в стали перед отжигом определенного количества (0,06–0,10%) частиц (независимо от типа: сульфид марганца, карбид

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

ниобия, нитрид алюминия и т.д.) размерами 0,1–0,5 мкм, достаточного для измельчения зерна в холоднокатаном прокате.

Для обеспечения высокого значения коэффициента деформационного упрочнения механизм измельчения зерна является менее предпочтительным по сравнению с дисперсионным твердением или присутствием второй высокопрочной фазы – цементита. Поскольку дисперсионное твердение снижает характеристики пластичности и штампуемости, для получения наиболее высокого комплекса свойств холоднокатаного проката следует отдать предпочтение упрочнению за счет присутствия выделений второй фазы – цементита. Формирование цементитных выделений, в том числе наноразмерных, при отжиге холоднокатаного проката определяется характеристиками исходной микроструктуры (размером зерна после горячей прокатки, его вытянутостью после холодной прокатки, количеством, типом, размером, морфологией выделений), а также температурно-временными параметрами нагрева, выдержки и охлаждения при отжиге. Регулируя соотношение мест предпочтительного выделения цементита (границы зерен, поверхность присутствующих выделений) и скорость охлаждения, можно изменять морфологию выделений этой фазы, в том числе наноразмерных, и тем самым влиять на свойства, обеспечивая различные показатели, в том числе уникальное сочетание механических свойств.

На базе разработанных методов управления формированием наноструктурной составляющей стали, результатов термодинамического расчета и анализа диапазона допустимых значений технологических параметров, комплексного исследования механических свойств опытных образцов стали оптимизирована технология получения холоднокатаного проката из высокопрочных низколегированных сталей с целью получения уникального сочетания прочностных и пластических свойств. Для обеспечения предела текучести холоднокатаного проката трех уровней значений 360–400; 410–450 и 460–500 МПа разработан химический состав стали и технологические параметры ее обработки на всех стадиях (переделах) металлургического производства. Наиболее важными из них являются следующие:

- температура раската перед чистовой группой клетей Т6  $\leq 1010^{\circ}\text{C}$ ;
- температура конца прокатки –  $890 \pm 15^{\circ}\text{C}$ ;
- температура смотки –  $550 \pm 20^{\circ}\text{C}$ ;
- степень деформации при холодной прокатке – не менее 60%;

*Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката*

- максимальная температура выдержки при отжиге  $T_{\max} = 600\text{--}610^\circ\text{C}$ ;
- время выдержки при отжиге при максимальной температуре – 5–6 часов;
- время замедленного охлаждения (время выдержки под колпаком без подачи газа) – 3–4 часа;
- суммарное время выдержки при максимальной температуре отжига и замедленного охлаждения – не менее 9 часов;
- степень деформации при дрессировке 1,2–1,3%.

Выполненные детальные исследования влияния структурного состояния, типа, количества и морфологии выделений неметаллических избыточных фаз на коррозионную стойкость микролегированных автолистовых сталей позволило прийти к заключению, изложенному в [12]. Для увеличения показателей стойкости к атмосферной и другим видам коррозии необходимо:

- обеспечить присутствие в стали выделений карбидов, карбонитридов, других избыточных фаз сравнительно больших (0,1–0,5 мкм) размеров, приводящих к упрочнению стали по механизму измельчения зерна;
- исключить возможность выделения более мелкодисперсных (наноразмерных) частиц, вызывающих дисперсионное твердение.

Это достигается путем выбора химического состава и температурно-деформационного режима обработки стали.

Таким образом, полученные результаты однозначно свидетельствуют, что путем управления процессами наноструктурирования стали (типом, количеством размером и морфологией выделений избыточных фаз структурных составляющих) возможно достижение прорывного повышения уровня и стабильности служебных свойств горяче- и холоднокатаных высокопрочных низколегированных автолистовых сталей. При этом возможно получение уникального сочетания предельно высоких показателей таких трудносочетаемых свойств, как прочность (предел текучести до 500–600 МПа), штампуемость, пластичность (относительное удлинение до 30–35%), коррозионная стойкость (отсутствие следов коррозии до 5–10 лет).

---

*Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 09-08-00675, 09-08-00685, 10-08-90037).*

**Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Шахпазов Е.Х., Зайцев А.И., Родионова И.Г.* Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката путем целенаправленного наноструктурирования высокопрочных низколегированных автолистовых сталей // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010, Том 2, № 6. С. 68–86. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (дата обращения: \_\_\_\_\_).

**Dear colleagues!**

**The reference to this paper has the following citation format:**

*Shakhpazov E.Kh., Zaytsev A.I., Rodionova I.G.* Increasing of the level and stability of hot-and cold-rolled metal characteristics using purposeful nanostructuring of high-strength low-alloy electric steels. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2010, Vol. 2, no. 6, pp. 68–86. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2010.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf) (Accessed \_\_\_\_\_). (In Russian).

**Библиографический список:**

1. *Шахпазов Е.Х., Зайцев А.И., Родионова И.Г.* Современные проблемы металлургии и материаловедения стали // Металлург. 2009. № 4. С. 25–31.
2. *Шахпазов Е.Х., Зайцев А.И., Шапошников Н.Г.* и др. Нанотехнологии производства массовых высококачественных сталей, основанные на управлении наноразмерными выделениями неметаллических избыточных фаз // Проблемы черн. металлург. и материаловед. 2008. № 4. С. 112–122.
3. *Матросов Ю.И., Литвиненко Д.А., Голованенко С.А.* Сталь для магистральных газопроводов. – М.: Металлургия. 1989. 289 с.
4. *Попов В.В., Шапошников Р.Г.* Принципы расчета растворимости комплексных карбонитридов в сталях. – ЖФХ. 1988. № 5. С. 1386–1387.
5. *Rudy E.* Boundary Phase Stability and Critical Phenomena in Higher Order Solid Solution Systems // J. Less-Common Met. 1973. V. 33. P. 43–70.
6. *Inoue K., Ishikawa N., Ohnuma I.* et al. Calculation of Phase Equilibria between Austenite and (Nb, Ti, V) (C, N) in Microalloyed Steels // ISIJ Int. 2001. V. 41. № 2. P. 175–182.
7. *Shakhpazov E.Kh., Zaitsev A.I., Rodionova I.G.* Production engineering of bulk high quality steels based on controlling nanosized precipitations of nonmetallic excessive phases (inclusions) // The 10<sup>th</sup> China-Russia Symposium on Advanced Materials and Technologies. – Jiaxin, China. Oct. 20 – 24. 2009. Rare Metals. 2009. V. 28. Spec. Issue. P. 74–77.
8. *Шапошников Н.Г., Могутнов Б.М., Полонская С.М.* и др. Термодинамическое моделирование как инструмент совершенствования технологии нагрева слитков стали 12X18H10T под прокатку. – Материаловедение. 2004. № 11. С. 2 – 9.
9. *Родионова И.Г., Шапошников Н.Г., Эндель Н.И.* и др. Условия образования нитридной и сульфидной фаз в сталях для глубокой вытяжки. II. Сульфид марганца // Проблемы черн. металлург. и материаловед. 2008. № 4. С. 52–58.

**Е.Х. ШАХПАЗОВ и др. Повышение уровня и стабильности свойств горяче- и холоднокатаного проката**

10. *Шахпазов Е.Х., Гордиенко А.И., Зайцев А.И.* и др. Повышение уровня и стабильности механических и других служебных характеристик автолистовых сталей путем управления процессами выделения неметаллических избыточных фаз // *Металлург.* – 2009. № 9. С. 40–46.
11. *Шахпазов Е.Х., Зайцев А.И., Родионова И.Г.* Современные тенденции развития металлургической технологии и аспекты повышения свойств и надежности металлопродукции. Проблема неметаллических включений в стали // *Проблемы черн. металлург. и материаловед.* 2009. № 3. С. 11–20.
12. *Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Зайцев А.И.* и др. Исследование факторов, контролирующих коррозионную стойкость автолистовых сталей // *Проблемы черн. металлург. и материаловед.* 2010. № 2. С.45–55.

### References:

1. *Shakhpazov E.H., Zaitsev A.I., Rodionova I.G.* Modern Problems of Metallurgy and Material Science of Steel // *Metallurg.* 2009. № 4. P. 25–31.
2. *Shakhpazov E.H., Zaitsev A.I., Shaposhnikov N.G.* et al. Mass production of high quality steels with implementation of nanotechnologies, based on the controlling nanosized precipitates of non-metallic excess phases // *The problem of black metallurgy and science of materials.* 2008. № 4. P. 112–122.
3. *Matrosov Y.I., Litvinenko D.A., Golovanenko S.A.* Steel for gas pipelines. Moscow: Metallurgy. 1989. 289 p.
4. *Popov V.V., Shaposhnikov R.G.* The principles of calculating the solubility of complex carbonitrides in steels. – *ZhFKh.* 1988. № 5. P. 1386–1387.
5. *Rudy E.* Boundary Phase Stability and Critical Phenomena in Higher Order Solid Solution Systems // *J. Less-Common Met.* 1973. V. 33. P. 43–70.
6. *Inoue K., Ishikawa N., Ohnuma I.* et al. Calculation of Phase Equilibria between Austenite and (Nb, Ti, V) (C, N) in Microalloyed Steels // *ISIJ Int.* 2001. V. 41. № 2. P. 175–182.
7. *Shakhpazov E.Kh., Zaitsev A.I., Rodionova I.G.* Production engineering of bulk high quality steels based on controlling nanosized precipitations of nonmetallic excessive phases (inclusions) // *The 10<sup>th</sup> China-Russia Symposium on Advanced Materials and Technologies.* – Jiaxin, China. Oct. 20–24. 2009. *Rare Metals.* 2009. V. 28. Spec. Issue. P. 74–77.
8. *Shaposhnikov N.G., Mogutnov B.M., Polonskaya S.M.* et al. Thermodynamic modeling as a tool for improving the technology of heating ingots of steel 12X18H10T for rolling. – *Science of Materials.* 2004. № 11. P. 2–9.
9. *Rodionova I.G., Shaposhnikov N.G., Endel N.I.* et al. Conditions for the formation of the nitride and sulfide phases in steels for deep drawing. II. Manganese sulfide // *The Problem of Black Metallurgy and Science of Materials.* 2008. № 4. P. 52–58.
10. *Shakhpazov E.H., Gordienko A.I., Zaitsev A.I.* et al. Increase of the level and stability of mechanical and other service characteristics of electric steels by controlling the processes of allocation of excess non-metallic phases // *Metallurg.* 2009. № 9. P. 40–46.
11. *Shakhpazov E.H., Zaitsev A.I., Rodionova I.G.* Modern trends of metallurgical technology development and aspects of improving the properties and reliability of metal production. The problem of non-metallic inclusions in steel // *The Problem of Black Metallurgy and Science of Materials.* 2009. № 3. P. 11–20.
12. *Rodionova I.G., Baklanov O.N., Zaitsev A.I.* et al. Research of factors controlling the corrosion resistance of electric steels // *The Problem of Black Metallurgy and Science of Materials.* 2010. № 2. P.45–55.

**Контакты / Contact:**

**e-mail: aizaitsev@mtu-net.ru**



**Электронное издание  
«НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:  
НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ»:**

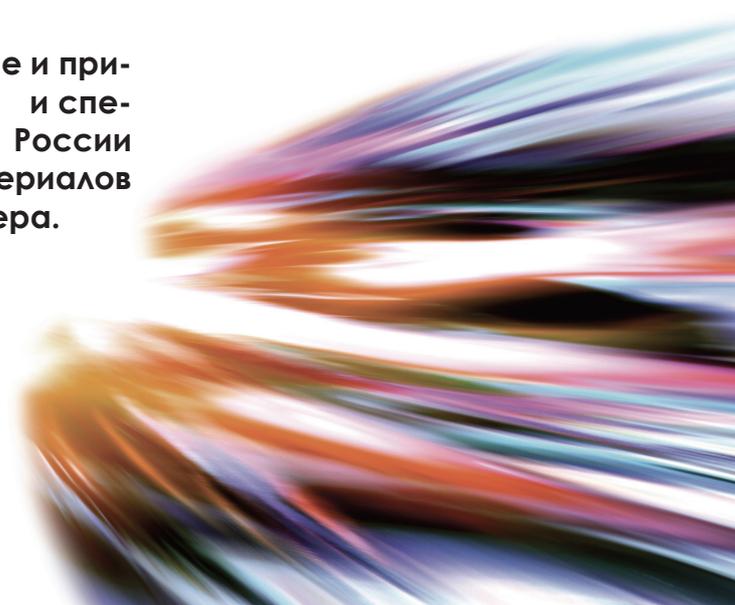
- **включено** в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук;
- **публикует** материалы исследований ведущих ученых Российской академии наук, Российской инженерной академии, Российской академии архитектуры и строительных наук, руководителей и специалистов организаций и предприятий, преподавателей вузов, докторантов и аспирантов, сотрудников НИИ и научных центров из различных регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья;
- **зарегистрировано** в НТЦ «Информрегистр», включено в систему Российского индекса научного цитирования и внесено в международную систему данных по периодическим изданиям (МСДПИ) международного Центра ISSN.

Издание предоставляет возможность для обмена мнениями и получения самой передовой и достоверной информации о наноматериалах и нанотехнологиях.

**Редакция предлагает подписаться на издание и приглашает ведущих учёных, руководителей и специалистов организаций и предприятий из России и зарубежных партнеров к публикации материалов научно-практического и рекламного характера.**

E-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)  
Факс: (498) 646-71-40 (автомат.)

[www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)



БЕЛОМЫТЦЕВА Елена Дмитриевна, шеф-редактор Интернет-журнала  
«Нанотехнологии в строительстве»

BELOMYTSEVA Elena Dmitrievna, Managing Editor of Internet-Journal  
«Nanotechnologies in Construction»

---

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – НА ПОРОГЕ НОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ

## NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION – ON THE THRESHOLD OF NEW REALITY

---

1–3 ноября 2010 года в Москве, на территории Экспоцентра прошел III Международный форум по нанотехнологиям RUSNANOTECH 2010. Помимо насыщенных научно-технологической и деловой программ, а также выставки, на форуме была представлена программа современного искусства «Хай-тек как предчувствие». За три дня в мероприятии приняли участие около 7200 человек. Подробную информацию о III Международном форуме по нанотехнологиям RUSNANOTECH 2010 можно найти на сайте <http://www.rusnanoforum.ru>.

On 1–3 November, 2010, Moscow saw the III International Forum on Nanotechnologies RUSNANOTECH 2010 which was held in Expocenter. In addition to eventful scientific, technological and business programs and exhibition the program of modern art «High-tech as a premonition» was presented on the Forum. Nearly 7200 persons took part in it within 3 days. You may find more information about III International Forum on Nanotechnologies RUSNANOTECH 2010 on the web site <http://www.rusnanoforum.ru>.

**П**ленарное заседание форума, прошедшего 3 ноября, открыл Президент России Дмитрий Медведев. На мероприятии выступили ведущие ученые с мировым именем, руководители крупнейших компаний, известные политики. В их числе: заместитель Председателя Правительства РФ Сергей Иванов, лауреаты Нобелевской премии вице-президент РАН Жорес Алферов и Константин Новоселов, ректор Российской Экономической Школы профессор Сергей Гуриев, старший вице-президент Центра по изучению рака в Роузвелл-Парк профессор Андрей Гудков, ректор МИТ профессор Рафаэль Райф, проректор МИТ профессор Клод Канитарес, генеральный директор компании Microsoft Стив Балмер, председатель Правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер, председатель Совета директоров группы компаний Ренова Виктор Вексельберг и др.

В рамках мероприятия прошла презентация целого ряда перспективных проектов.

В первый день работы форума РОСНАНО и Группа ОНЭКСИМ объявили о реализации совместного проекта, целью которого является создание в России промышленного производства современных систем учета потребления электроэнергии и защиты электросетей на основе волоконно-оптических систем измерения тока и напряжения.

В рамках научно-технологической программы форума были заслушаны доклады и прошли презентации иностранных и российских ученых, сотрудников исследовательских подразделений ведущих мировых



*Е.Д. БЕЛОМЫТЦЕВА Нанотехнологии в строительстве – на пороге новой реальности*

компаний, университетов и научных центров по ключевым направлениям развития нанотехнологий и создания наноматериалов. В ходе проведения конференции «Наноматериалы в отраслях промышленности» на заседании секции «Инновационные строительные материалы» с презентациями и докладами выступили:

Эндрю Паркман, директор по жилищно-общественному строительству стран России и СНГ, АЕСОМ (Великобритания) – *«Обзорная презентация»*;

Дмитрий Лисенков, управляющий директор ГК «Роснанотех» – *«Проекты ГК Роснанотех в области строительства»*;

Андрей Шишкин, заместитель генерального директора Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства (Россия) – *«Использование инновационных и нанотехнологий при строительстве объектов жилья. Сотрудничество с ГК «Роснанотех»*;

Дмитрий Крюков, ОАО «Ипотечная корпорация Чувашской республики» (Россия) – *«Проект энергоэффективного дома в республике Чувашия»*;

Константин Соболев, доцент кафедры Департамента гражданского строительства и механики CEAS (США) – *«Application of Nano-Materials in High-Performance Cement Composites»*;

Дмитрий Сулин, председатель Совета директоров STIS (Россия) – *«Преимущества применения низкоэмиссионного стекла»* и др.

В панельной дискуссии секции приняли участие: Александр Браверман, генеральный директор Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства (Россия); Ramsey Philip, Vice



President Technology, Building Products R&D, Pilkington Technology Management Limited (Великобритания); Bach Jean-Yves, Бизнес-директор направления строительства, DuPont (Швейцария); Абызов Михаил, председатель Совета директоров «Группа Е4» (Россия);

2 ноября РОСНАНО и «TERMIONA» провели презентацию проекта по созданию массового производства термоэлектрических устройств охлаждения, термостатирования и

генерации. Продукцией проекта станут системы охлаждения для твердотельных лазеров, системы термостатирования «cold plate» для диодных лазеров, термостатированные шкафы для телекоммуникационной аппаратуры, торговое холодильное оборудование, термоэлектрические электрогенераторы для индивидуального жилья.

В этот же день прошла презентация новых проектов РОСНАНО – по расширению российского производства передовых волоконных лазеров совместно с IPG Photonics. 2 ноября на площадке форума прошло подписание целого ряда важных соглашений. Так, руководители РОСНАНО и ОАО «Газпром» поставили свои подписи под протоколом о совместных действиях. Документ фиксирует основные направления сотрудничества компаний по расширению использования нанотехнологий на предприятиях газовой промышленности.

Соглашение РОСНАНО и ГК «Автодор», подписанное в тот же день, направлено на активное внедрение инноваций в сфере развития сети скоростных платных магистральных автомобильных дорог. Стороны договорились о координации действий по внедрению инновационных решений в строительстве, содержании и ремонте магистральных автомобильных дорог. Такое взаимодействие приведет к повышению эффективности управления дорожным хозяйством, снижению уровня издержек и совершенствованию нормативной базы по применению нанотехнологий в отрасли.

РОСНАНО также подписала соглашение с Пензенской областью и республикой Мордовия. Кроме того, состоялось подписание соглашения между ООО «Хевел» и Ставропольским краем, предусматривающее совместную реализацию инвестиционного проекта по строительству в Кисловодске первой в России солнечной электростанции.



В третий день работы форума прошли торжественные церемонии награждения лауреатов Международной премии в области нанотехнологий, Российской молодежной премии в области nanoиндустрии и конкурса научных работ молодых ученых.

На III Международном форуме по нанотехнологиям «Rus-

*Е.Д. БЕЛОМЫТЦЕВА Нанотехнологии в строительстве – на пороге новой реальности*

nanotech-2010» впервые в истории проведения подобных форумов помимо научной, деловой программ и выставки была представлена программа современного искусства «Хай-тек как предчувствие». Художники, работавшие в рамках проекта, являются представителями художественной школы «Арт-Политика» из г. Екатеринбурга. Куратором проекта был Арсений Сергеев, от Фонда содействия развитию нанотехнологий «Форум Роснанотех» руководителем проекта являлась Екатерина Гандрабура.



Среди представленных арт-объектов один для нашего журнала оказался особенно интересен и близок. Это представленный Екатериной Хамудисовой объект «Женские кирпичи». Отметим, что проект пользовался, возможно, наибольшей популярностью у гостей выставки – практически всегда рядом было множество посетителей, а многие даже фотографировались на фоне удачно представленной композиции.

Пользуясь случаем, я провела небольшой блиц-опрос посетителей и выяснила, почему их привлекает объект.

*Николай Семенович, пенсионер.* Эти кирпичи выделяются не только яркой раскраской, но и яркой мыслью – взял в руки такой кирпичик, а он ничего не весит! Вот бы из таких дачку построить – и тепло, красиво. Да и не горит, стекло ведь, а это очень важно после нынешнего лета. Побольше бы таких материалов – вот тогда было бы понятно для чего все эти нанотехнологии устраивают.

*Семен, предприниматель.* Я сам занимаюсь строительством, но такого еще не видел, чтобы один и тот же материал был и теплоизоляцией, и облицовкой, да еще и самонесущим! Плюс к этому не горит – это же безопасность. Было бы такое промышленное производство – это и затраты на строительство снизить можно будет, и скорость строительства возрастет. Вот только сомневаюсь, что когда-нибудь это у нас «раскрутят».

**Сергей, студент.** Мне понравились кирпичи, потому что здесь действительно видно, как новые идеи могут быть полезны людям. Профессор на стенде (*Об авторе технической стороны проекта расскажем ниже – комм. Е. Беломытцевой*) как на лекции растолковал научную составляющую. Казалось бы, просто – обычный стеклобой, но свойства поверхности изменяют, и изменяются макросвойства. Это действительно нанотехнологии для людей!

Отметив удивительное единодушие посетителей выставки, я смогла взять небольшое интервью у профессора Александра Кетова, который как раз и предоставил материал для строительства арт-объекта. Напомню, что Александр Кетов является постоянным автором и экспертом нашего журнала.

*Елена Беломытцева. Александр, здравствуйте! Честно говоря, было несколько неожиданно встретить Вас здесь, так сказать «в народе», а не в научной или, в крайнем случае, деловой программе форума.*

**Александр Кетов.** Здравствуйтесь Елена! Ничего удивительного – любой проект только тогда чего-то стоит, когда выходит из стен лаборатории и происходит его популяризация – идет, так сказать, в массы. Инновационные технологии тогда получают признание и развитие, когда, например, идеи Кулона реализует на практике Эдисон. И подавляющему большинству населения не интересно правило буравчика или вектор ускорения электрона в магнитном поле, а вот когда поток электронов в проводах освещает помещение, то это признается как серьезная инновация. Так и в нашем случае – ионный обмен, фазовые равновесия и микрогетерогенность – это, конечно, хорошо. И я могу Вам это все объяснить, но людям нужны конкретные решения, снижающие их затраты на жизнь и делающие, в конечном счете, эту жизнь легче и комфортнее. Я предлагаю такие решения, а то, что это базируется на глубокой научной базе – для меня это сегодня уже вторично.

*Елена Беломытцева. Хорошо, что Вы напомнили о научной базе. Почему Ваш продукт пользуется такой популярностью и в чем его отличие от аналогов?*

**Александр Кетов.** Пеностекло, как материал, известно еще с тридцатых годов двадцатого века. Вся беда в том, что технология безнадежно устарела, процесс очень затратен, экологически небезупречен, плюс требует подготовки специального сырья. Поэтому в России в 90-е гг. были остановлены все заводы по производству пеностекла. Я принципиально изменил химико-технологическую основу процесса получения пеностекла. Если объяснить просто, то в классическом варианте используют специально сваренное стекло, содержащее окислитель – сульфат-ион. При нагревании порошка такого стекла с углеродом происходит сплавление стекла и восстановление сульфат-иона углеродом с выделением сероводорода. Есть модификации этого метода, когда окислителем является карбонат-ион. Экологическая опасность полученного материала снижается, но сущность процесса остается неизменной – это процесс взаимодействия компонентов специального стекла с углеродом.

Я принципиально изменил механизм процесса и саму технологию. Оказывается, что дисперсное стекло является весьма активным ионообменным материалом. Если часть ионов натрия удалить с поверхности, то там останется фактически гидратированный оксид кремния или кремниевая кислота. Толщина такой пленки чрезвычайно мала и составляет величину порядка десятка нанометров, но полученный ионно-модифицированный порошок обладает совершенно новыми макросвойствами. Во-первых, наличие на поверхности частиц кремниевой кислоты при затворении водными растворами силикатов приводит к схватыванию паст по аналогии с обычными бетонами на портландцементе. Действительно, порошок обычного стекла, сколь мелко бы вы его не дробили, не способен схватываться при затворении его любыми растворами. А теперь представьте, что получилось в межзерновом пространстве после схватывания пасты в монолит. Это гидратированные полисиликаты натрия, то есть как раз соединения, которые служат основой шихты при производстве

стекла. Значит, если мы нагреем такое монолитное изделие, то в межзерновом пространстве начнется синтез стекла, сопровождающийся газообразованием, и изделие «вспенится». Заметьте, при этом, что зерна стекла играют роль балласта и не участвуют напрямую в процессе, то есть можно по такой технологии утилизировать любой стеклобой. Но главное, что вспенивание происходит, во-первых, за счет стеклообразования в межзерновом пространстве, а, значит, без углерода и материал получается в обычных условиях белый. А, во-вторых, мы термообрабатываем изделие, а не порошок, то есть появляется возможность получать изделия из пеностекла сложной геометрической формы.

Вот здесь мы подошли к коммерческой составляющей проекта – в чем отличие от аналогичных коммерческих продуктов. Осуществление на практике вышеописанной теории позволило, во-первых, впервые получать пеностекло любой окраски. Во-вторых, впервые стало возможно производить пеностекло заданной формы – хоть кирпич, хоть скорлупу для трубопровода, хоть барельеф. И все эти изделия будут иметь гладкую поверхность, то есть не будут собирать грязь и пыль. При этом мы даже не будем говорить о преимуществах собственно производителя – ведь сейчас, например, чтобы, изготовить скорлупу, ее надо вырезать из цельного куска пеностекла. Наконец, в третьих, впервые появилась возможность использовать в качестве сырья любой несортовой стеклобой, что также весьма интересно с экологической точки зрения.

*Елена Беломытцева. Насколько я знаю, проект производства пеноситала был поддержан корпорацией Нанотех и вскоре можно ожидать полномасштабного производства?*

*Александр Кетов.* Называть материал «пеноситал» несколько некорректно. Я действительно начинал свои исследования в проекте с таким названием. Проект был успешно реализован в промышленном масштабе и завод по производству пеностекла марки «Пеноситал» работал с 2005 г. в г. Перми. Полтора года назад при моем участии были пройдены все экспертизы в Госкорпорации, проект расширения производства получил

одобрение. Но ничего не могу Вам сказать про сегодняшнее состояние проекта с Госкорпорацией, потому что с лета прошлого года не работаю в ЗАО «Пеноситал». По моему мнению, научный и практический потенциал идеи наноразмерного ионообменного модифицирования поверхности дисперсного стекла гораздо шире, чем был на стадии разработки проекта «Пеноситал», что, кстати, наглядно демонстрирует сегодняшняя выставка.

*Елена Беломытцева. Вы хотите сказать, что Вы представляете совершенно новый проект?*

*Александр Кетов.* Да. Это новые продукты со своими, отличными от обычного теплоизоляционного пеностекла, потребительскими свойствами. С технической точки зрения использованы новые технологические решения, более полно учитывающие особенности веществ на всех стадиях переработки. С юридической точки зрения – это иная патентная база, другое предприятие.

Действительно, с научной точки зрения «Пеноситал», как технология, был основой для некоторых идей, которые я развил в новом проекте. Подчеркиваю, только идей, которые, как известно, не патентуются, в отличие от конкретных технических решений. В проекте «Пеноситал» мной же была оформлена самостоятельная патентная защита на комплекс конкретных технических решений. Нельзя же запатентовать, например, принципы ионного обмена, которые лежат в основе процессов схватывания силикатных паст. Для нового проекта были проведены дополнительные исследования и найдены конкретные новые технические решения. Вообще, я не разделяю взгляды на так называемый коллективный научный труд. Это канаву можно копать взводом, а в научной деятельности все индивидуально. Например, ни у кого не вызывает возражений, что авиационная марка называется по имени конкретного разработчика – Туполев или Лавочкин. Примерно то же самое и в материаловедении. Есть, например, зарегистрированная торговая марка «Пеноситал», допускаю, что конкретная технология на определенном этапе называлась также, но не более того. Здесь мы имеем дело

*Е.Д. БЕЛОМЫТЦЕВА Нанотехнологии в строительстве – на пороге новой реальности*

с новым направлением в строительном материаловедении силикатных стекол. И пока в научном и практическом плане – это группа технологии профессора Кетова. А так называемая «технология Пеноситал» – это весьма частный и уже устаревший, на сегодняшний день, вариант этих технологий.

*Елена Беломытцева. Так когда же мы увидим реальное производство этих продуктов?*

*Александр Кетов.* Я не боюсь загадывать, строю реальные планы, но, тем не менее, пока уклонюсь от ответа на этот вопрос. Скажу только, что можно наблюдать некоторые признаки улучшения инвестиционного климата. Сегодня не конец 2008 г. и можно вести переговоры с серьезными инвесторами параллельно с решением технологических проблем.

*Елена Беломытцева.* В таком случае, желаю Вам успеха от себя лично и от нашего журнала.

*Александр Кетов.* Спасибо. Пользуясь случаем, я хотел бы поблагодарить Фонд содействия развитию нанотехнологий, и, прежде всего, Екатерину Гандрабура, а также художественную школу «Арт-Политика» в лице Арсения Сергеева и, конечно, Екатерину Хамудисову, чьими стараниями удалось так эффективно представить материал. Кроме того, я хотел бы поблагодарить Ваш Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» за возможность сотрудничества.

*Елена Беломытцева.* Спасибо Вам! Редакция также надеется на продолжение сотрудничества с Вами.

---

Редакция предлагает подписаться на издание и приглашает ведущих ученых, руководителей и специалистов организаций и предприятий из России и зарубежных партнеров к публикации материалов в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве».

**Контакты / Contact:**

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**

*Фото с сайта [www.rusnanoforum.ru](http://www.rusnanoforum.ru)*

## О НАРАЩИВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА И ЕГО ЗАЩИТЕ ПУТЕМ ПАТЕНТОВАНИЯ

За последние годы в мировой экономике произошли коренные изменения. Сегодня успешная стабильно развивающаяся экономика – это экономика знаний, базирующаяся на интеллектуальной собственности. Фирмы, работающие в этой области, стабильно получают наибольшую прибыль и мало подвержены кризисным влияниям.

По имеющейся информации, стоимость интеллектуальной собственности таких фирм сегодня доходит до 80% от их общей стоимости, а иногда и превышает её. Заинтересованные структуры постоянно увеличивают объём капиталовложений в их развитие и наращивание интеллектуальной собственности. Примером тому служат нанотехнологии.

В связи с этими тенденциями всё большее значение и ценность приобретает интеллектуальная собственность и актуальными становятся проблемы её наращивания и защиты путём патентования.

**ООО «Центр Новых Технологий «НаноСтроительство»** работает в аспекте современных тенденций развития мировой экономики и предлагает Вам квалифицированную всестороннюю помощь в решении следующих проблем.

### Постановка и проведение перспективных исследований:

- ✓ выбор направлений и разработка методик проведения работ;
- ✓ обработка и публикация (с целью рекламы) результатов исследований, не вскрывающая ноу-хау;
- ✓ патентование изобретений;
- ✓ специальная разработка изобретений (в случае необходимости).

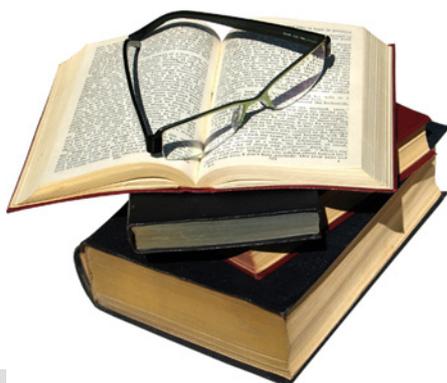
### Подготовка заявок и патентование разработок:

- ✓ выявление в разработках патентоспособных элементов и, в случае их отсутствия, дополнение таковыми;
- ✓ ориентация работ на создание патентоспособной продукции;
- ✓ подготовка заявочных материалов для подачи в патентное ведомство;
- ✓ мониторинг и ведение переписки;
- ✓ защита заявляемых положений;
- ✓ составление формулы изобретения;
- ✓ работы, связанные с процессом подачи заявки и получения патента на изобретение.

### Техническое сопровождение процесса оценки стоимости Вашей интеллектуальной собственности.

**Широкий спектр работ по согласованию в части создания  
и защиты Вашей интеллектуальной собственности.**

Контактная информация для переписки: e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)



# В МИРЕ КНИГ

IN THE WORLD OF THE BOOKS

---

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.  
НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL LITERATURE.  
NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES**

---

**Приведена информация о книгах по наноматериалам и нанотехнологиям, которые предлагает ООО «Техинформ».**

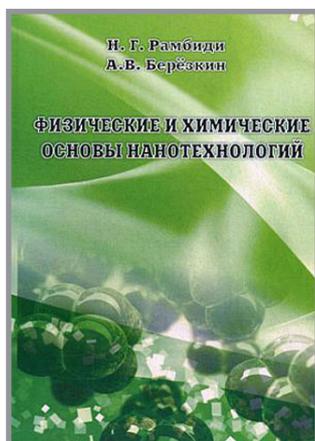
**Some information on the books proposed by the limited company «Techinform» in the sphere of nanomaterials and nanotechnologies is given.**

**Ключевые слова:** наноматериалы, наномир, нано- и микрокристаллические материалы, нанотехнологии, нанообъекты, нанотрубки, наночастицы, наноформование, наноструктуры.

**Key-words:** nanomaterials, nanoworld, nano- and microcrystalline materials, nanotechnologies, nanoobjects, nanotubes, nanoparticles, nanoshaping, nanostructures.

## Физические и химические основы нанотехнологий

*Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин*



В доступной для широкого круга читателей форме рассматриваются история возникновения, основные направления и физико-химические принципы современных нанотехнологий, включая планарную технологию, супрамолекулярную химию, молекулярную электронику, получение наночастиц и наноструктурированных материалов. Подробно обсуждаются два основных пути создания наноматериалов: «снизу-вверх» и «сверху-вниз», а также методы изучения наноструктур и влияния размерных эффектов на их свойства. В основу книги (2008 г., 456 стр.) положен курс лекций, которые в течение нескольких лет читаются одним из авторов на кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета Московского государственного университета.

Книга адресована студентам, аспирантам и специалистам, интересующимся вопросами нанотехнологий.

## Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Часть 1

*А.А. Раскин, В.К. Прокофьева*



В учебном пособии (2010 г., 168 стр.) рассматриваются физико-химические процессы получения материалов, используемых в микро-, опто- и наноэлектронике, в том числе операции выделения химического индивида из исходного сырья, очистка в виде соединений, финишное рафинирование, получение монокристаллов с заданными свойствами.

Для студентов, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника». Пособие полезно также специалистам, работающим в соответствующей области.

## Основы нанооптики.

Перевод с английского

*Л. Новотный, Б. Хехт*



Нанооптика представляет собой раздел науки, в котором исследуются оптические явления и технологии на нанометровом масштабе, то есть вблизи дифракционного предела света и даже ниже. Стремительное развитие нанонауки и нанотехнологий в целом обуславливает и быстрое становление нанооптики, что требует формирования адекватного инструментария и идейного аппарата для описания явлений на наномасштабах, создания наноструктур и управления с их помощью светом.

В книге «Основы нанооптики» (2009 г., 484 стр.) авторами предложен всеобъемлющий обзор теоретических понятий и экспериментальных идей, необходимых для того, чтобы понимать нанооптику и получать собственные результаты. Широта затронутых тем охватывает практически все оптические явления, связанные с наномасштабом, – от квантовой оптики до биофизики, при этом приводятся и подробно описываются все значимые методики.

Издание представляет собой первый в истории учебник по нанооптике. Авторы адресуют свой труд студентам старших курсов, которые хотят познакомиться с предметом, и для лучшего понимания приводят в конце каждой главы набор задач. Книга может быть также полезна исследователям и преподавателям.

## Сверхпластичность

*Е.Н. Чумаченко*

В монографии (2009 г., 320 стр.) анализируются особенности технологических процессов деформирования материалов в условиях сверхпластичности и проблемы, возникающие при работе с материалами, обладающими повышенной скоростной чувствительностью. Приведена математическая постановка задачи о медленном течении физически нелинейных сред с учетом контактного трения, рассмотрены ограничения на применение моде-



ли и некоторые частные решения. Особое внимание уделено моделированию контактного взаимодействия в процессах обработки металлов давлением и практической реализации в методе конечных элементов (МКЭ), а также моделированию оптимальных технологических режимов управления формоизменением материалов в условиях сверхпластичности и близких к сверхпластичности. Автоматизированное проектирование технологических процессов изотермической штамповки на базе программного комплекса SPLEN показано на примерах решения промышленных задач.

Большое внимание уделено сопоставлению известных и специально проведенных экспериментальных исследований с результатами математического моделирования. Построены оценки влияния формы штампов, условий трения, исходной структуры и технологических параметров на формоизменение в условиях сверхпластичности. Демонстрируются приемы построения технологических режимов, обеспечивающих получение изделий с заданными формой и свойствами.

Книга предназначена для исследователей и научных работников в области сверхпластичности, математического моделирования, механики и обработки металлов давлением, а также для студентов и аспирантов, обучающихся по соответствующим направлениям и специальностям.

## Основы наноэлектроники

*В.П. Драгунов*



В книге (2006 г., 496 стр.) излагаются основные вопросы физики систем пониженной размерности, рассматриваются особенности энергетического спектра и переноса частиц в многослойных структурах с резкими потенциальными границами.

Для студентов вузов, получающих образование по специальности «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы», а также по направлениям и специальностям «Техники и технологии».

С полным перечнем литературы можно ознакомиться на сайте: [www.tbooks.ru](http://www.tbooks.ru)

Помимо книг, представленных в магазине, Вы можете оставить заявку на интересующие издания, и Вам окажут помощь в их поиске и приобретении.

*Контакты / Contact:*

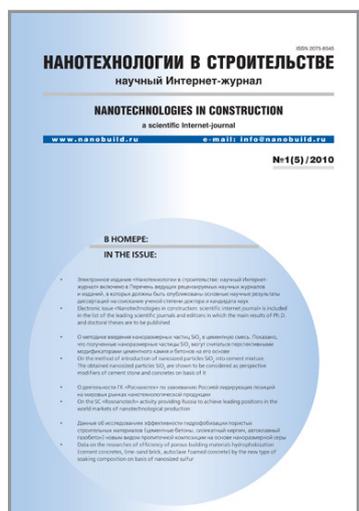
e-mail: [mail@tbooks.ru](mailto:mail@tbooks.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛОВ, ВЫШЕДШИХ В СВЕТ В 2010 г.



№1/2010

Обращение главного редактора научного Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» Б.В. Гусева к авторам и читателям .....	5
<b>Артамонова О.В., Сергуткина О.Р., Коротких Д.Н., Чернышов Е.М.</b> Золь-гель синтез наноразмерных частиц SiO <sub>2</sub> для модифицирования структуры цементного камня .....	9
<b>Проекты РОСНАНО</b>	
РОСНАНО – масштабный государственный проект .....	18
<b>Балашова И.Е. Мероприятия.</b> Оборудование и наноматериалы, производимые в России, способны дать значительный экономический эффект.....	39
<b>Массалимов И.А., Волгушев А.Н., Чуйкин А.Е. и др.</b> Долговременная защита строительных материалов покрытиями на основе наноразмерной серы .....	45
Международный симпозиум «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций», XI Международная конференция «Физика твердого тела» .....	59
<b>Исследования, разработки, патенты</b>	
<b>Кузьмина В.П.</b> Нанобетоны в строительстве .....	63
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	71
<b>Куликов В.Г.</b> Физико-химические аспекты процессов пенообразования дисперсными системами ПАВ .....	72
<b>В мире книг</b>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	91
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации .....	95



№1/2010

1

The speech of the Internet-journal «Nanotechnologies in construction» editor-in-chief B.V. Gusev to the authors and readers..... 5

*Artamonova O.V., Sergutkina O.R., Korotkikh D.N., Chernishov E.M.*  
Sol-gel synthesis of SiO<sub>2</sub> nanosized particles for cement stone structure modifying..... 9

*RUSNANO Projects*  
RUSNANO – the large-scale state project ..... 18

*Balashova I.E.* Events. Equipment and nanomaterials produced in Russia could be of considerable benefit ..... 39

*Massalimov I.A., Volgushev A.N., Chuikin A.E.* et al.  
Building material protection of long duration by the coatings on basis of nanosized sulfur..... 45

International Symposium «Nanomaterials for Protection of Industrial and Underground Structures», 11<sup>th</sup> International Conference «Solid-State Physics» ..... 59

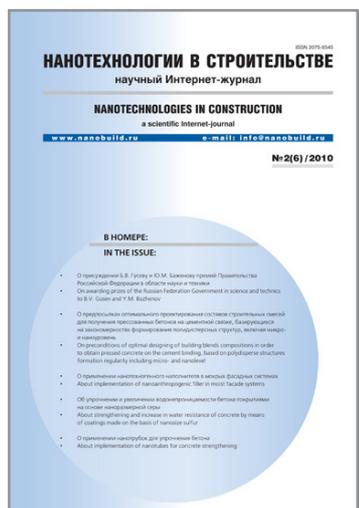
*Researches, developments, patents*  
*Kuzmina V.P.* Nanoconcretes in construction..... 63

On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting ..... 71

*Kulikov V.G.* Physicochemical aspects of the disperse SAM systems foaming process ..... 72

*In the world of the books*  
Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies ..... 91

The list of requirements to the material presentation and article publication conditions..... 95



# №2/2010

# 2

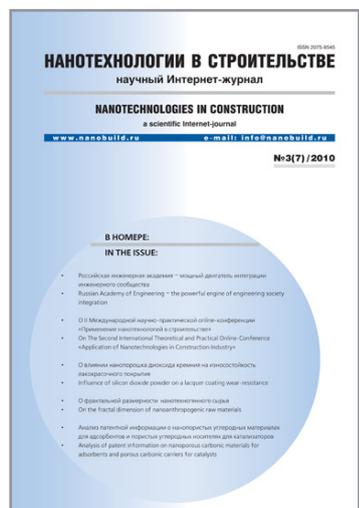
Лауреаты Премии Правительства РФ .....	6
<b>Белов В.В., Смирнов М.А.</b> Оптимизация гранулометрического состава сырьевых смесей для получения прессованных бетонов на цементной связке.....	7
<b>Чердабаев А.Ш., Бисенов К.А.</b> Влияние механической нагрузки при твердении гидросиликатов. Часть 1 .....	19
Международный симпозиум «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций», XI Международная конференция «Физика твердого тела» .....	28
<b>Миронова А.С., Коренькова С.Ф.</b> Нанодисперсный наполнитель для мокрых фасадных систем .....	32
<b>Проекты РОСНАНО</b>	
РОСНАНО – масштабный государственный проект .....	43
<b>Массалимов И.А., Мустафин А.Г., Чуйкин А.Е.</b> и др. Упрочнение и увеличение водонепроницаемости бетона покрытиями на основе наноразмерной серы .....	54
<b>Исследования, разработки, патенты</b>	
<b>Кузьмина В.П.</b> Связующие вещества для получения композиционных наномодифицированных материалов .....	62
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	69
<b>В мире книг</b>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	70
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации .....	74

2



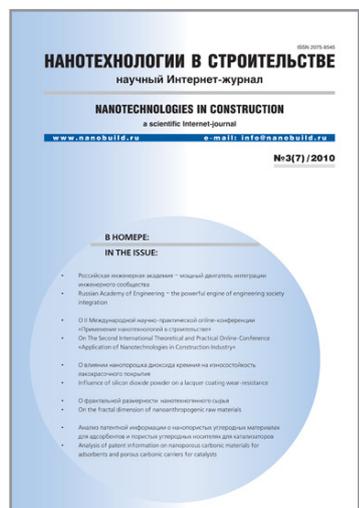
№2/2010

Laureates of the Russian Federation Government Prizes.....	6
<i>Belov V.V., Smirnov M.A.</i> Raw blends grain-side composition optimization for obtaining pressed concretes on cement binding.....	7
<i>Cherdabaev A.Sh., Bisenov K.A.</i> Influence of mechanical load at hydrosilicates hardening. Part 1 .....	19
International Symposium «Nanomaterials for Protection of Industrial and Underground Structures», 11 <sup>th</sup> International Conference «Solid-State Physics» .....	28
<i>Mironova A.S., Koren'kova S.F.</i> Nanodisperse filler for moist facade systems.....	32
<i>RUSNANO Projects</i>	
RUSNANO – the large-scale state project .....	43
<i>Massalimov I.A., Volgushev A.N., Chuikin A.E.</i> et al. Strengthening and increase in water resistance of the concrete by of coatings made the basis of nanosize sulfur .....	54
<i>Researches, developments, patents</i>	
<i>Kuzmina V.P.</i> Binding agents for reception of the composite nanomodified materials .....	62
On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting .....	69
<i>In the world of the books</i>	
Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies.....	70
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions.....	74



# №3/2010

<b>Гусев Б.В.</b> Российская инженерная академия – мощный двигатель интеграции инженерного сообщества .....	6
II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» .....	15
<b>Номоев А.В., Лыгденов В.Ц., Бардаханов С.П.</b> Влияние нанопорошка диоксида кремния на износостойкость лакокрасочного покрытия .....	19
<b>Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В.</b> К вопросу о фрактальной размерности нанотехногенного сырья .....	26
Сергей Викторович Федосов избран академиком РААСН! .....	33
<b>Чердабаев А.Ш., Бисенов К.А.</b> Влияние механической нагрузки при твердении гидросиликатов. Часть 2 .....	35
Международная конференция с элементами научной школы для молодёжи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» .....	52
<b>Проекты РОСНАНО</b>	
РОСНАНО – масштабный государственный проект .....	56
<b>Исследования, разработки, патенты</b>	
<b>Кузьмина В.П.</b> Нанопористые углеродные материалы-адсорбенты .....	66
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования .....	77
<b>В мире книг</b>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	78
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации .....	83



# №3/2010

<b>Gusev B.V.</b> Russian Academy of Engineering – the powerful engine of the engineering society integration .....	6
The Second International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry» .....	15
<b>Nomoev A.V., Lygdenov V.Ts., Bardakhanov S.P.</b> Influence of silicon dioxide powder on a lasquer coating wear-resistance .....	19
<b>Korenkova S.F., Sidorenko J.V.</b> To the question about fractal dimension of nanotechnological stuff .....	26
Sergei Victorovich Fedosov is elected academician of RAACS!.....	33
<b>Cherdabaev A.Sh., Bisenov K.A.</b> Influence of mechanical load at hydrosilicates hardening. Part 2 .....	35
International conference with elements of scientific school for young people «Ceramic and refractory materials: perspective solutions and technologies» .....	52
<b>RUSNANO Projects</b>	
RUSNANO – the large-scale state project .....	56
<b>Researches, developments, patents</b>	
<b>Kuzmina V.P.</b> Nanoporous carbon adsorbent materials .....	66
On increasing intellectual capital and its protection by patenting .....	77
<b>In the world of the books</b>	
Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies .....	78
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions .....	83

4



№4/2010

<b>Мустафин А.Г.</b> Положительный опыт применения инноваций в области переработки серы – создание наноразмерных защитных покрытий для строительных материалов и конструкций.....	6
II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» .....	10
<b>Бубенков О.А., Кетов А.А., Кетов П.А., Кетов Ю.А., Лобастов С.В.</b> Синтез мелкогранулированного пеностеклянного материала из природного аморфного оксида кремния с наноразмерной пористостью .....	14
<b>Белов В.В., Новиченкова Т.Б., Образцов И.В.</b> Капиллярное структурообразование сырьевых композиций на основе минеральных вяжущих веществ.....	23
VII Международная научно-практическая конференция и выставка «Нанотехнологии – производству-2010» в г. Фрязино .....	37
<b>Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Номоев А.В., Лыгденов В.Ц.</b> Мелкозернистый цементный бетон с нанодисперсным модификатором.....	42
II международная специализированная выставка «Нанотехнологии. Казань-2010» и XI Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в промышленности» .....	53
<b>Проекты РОСНАНО</b>	
РОСНАНО – масштабный государственный проект .....	57
Международная конференция с элементами научной школы для молодежи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии» .....	65
<b>Ивасышин Г.С.</b> Научные открытия в микро- и нанотрибологии. Феноменологические основы квантовой теории трения.....	70
<b>Исследования, разработки, патенты</b>	
<b>Кузьмина В.П.</b> Ультрадисперсные системы и механоактивированные материалы .....	88
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования .....	96
<b>В мире книг</b>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	97
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации.....	102

4



№4/2010

<b>Mustafin A.G.</b> Positive experience of application of innovations in sulfur treatment – creation of nanodimensional protective coatings for building materials and structures .....	6
The Second International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry» .....	10
<b>Bubenkov O.A., Ketov A.A., Ketov P.A., Ketov Y.A., Lobastov S.V.</b> Synthesis of fine foamed glass material made from natural amorphous silica oxide with nanodimensional porosity.....	14
<b>Belov V.V., Novichenkova T.B., Obraztsov I.V.</b> Capillary structurization of raw compositions on the basis of mineral binding substances .....	23
The Seventh International Theoretical and Practical Conference and Exhibition «Nanotechnologies for Production-2010» in Fryazino.....	37
<b>Urkhanova L.F., Lkhasaranov S.A., Nomoev A.V., Lygdenov V.Ts.</b> Fine cement concrete with nanodispersed modifier .....	42
The Second Specialized Exhibition «Nanotechnologies. Kazan-2010» and XI International Theoretical and Practical Conference «Nanotechnologies in Industry» .....	53
<b>RUSNANO Projects</b>	
RUSNANO – the large-scale state project .....	57
International Conference with elements of Scientific school for young people «Ceramic and refractory materials: perspective solutions and technologies» .....	65
<b>Ivasyshin G.S.</b> Scientific Discoveries in Micro- and Nanotribology. Phenomenological fundamentals of Quantum Friction Theory .....	70
<b>Researches, developments, patents</b>	
<b>Kuzmina V.P.</b> Ultradisperse systems and mechanochemical activated materials .....	88
On increasing intellectual capital and its protection by patenting .....	96
<b>In the world of the books</b>	
Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies.....	97
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions.....	102

5



№5/2010

64-я Неделя Международного союза лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ).....	6
II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» .....	10
<b>Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Степанова И.В., Старчуков Д.С.</b> Нанодобавки из кремне- и железосодержащего (III) золя для тяжелого бетона на рядовых цементах .....	61
VII Международная научно-практическая конференция и выставка «Нанотехнологии – производству-2010» в г. Фрязино .....	69
<b>Хайдаров Т., Абдукадырова И.Х., Каримов Ю.Н., Ашрапов У.Т.</b> Использование сигнала акустической эмиссии облученного кремния для настройки дефектоскопов в строительной технике .....	74
II Международная специализированная выставка «Нанотехнологии. Казань-2010» и XI Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в промышленности» .....	85
<b>Исследования, разработки, патенты</b>	
<b>Кузьмина В.П.</b> Наномодифицированные фиброкомпозиционные материалы ....	89
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	99
<b>В мире книг</b>	
Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии .....	100
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации .....	105



№5/2010

5

The 64<sup>th</sup> Week of International Union of Laboratories and Experts  
in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) ..... 6

The Second International Theoretical and Practical Online-Conference  
«Application of Nanotechnologies in Construction Industry» ..... 10

*Svatovskaya L.B., Solovyova V.Ya., Stepanova I.V., Starchukov D.S.*  
SiO<sub>2</sub> · nH<sub>2</sub>O and Fe(OH)<sub>3</sub>-sol additives for heavy concrete made  
from ordinary cement ..... 61

The Seventh International Theoretical and Practical Conference and Exhibition  
«Nanotechnologies for Production-2010» in Fryazino ..... 69

*Khaidarov T., Abdukadyrova I.Kh., Karimov Yu.N., Ashrapov U.T.*  
Application of irradiated silicon acoustic emission signal for tuning  
defectosopes in construction engineering..... 74

The Second Specialized Exhibition «Nanotechnologies. Kazan-2010»  
and XI International Theoretical and Practical Conference  
«Nanotechnologies in Industry» ..... 85

*Researches, developments, patents*

*Kuzmina V.P.* Nanomodified fiber composite materials..... 89

On increasing intellectual capital and its protection by patenting ..... 99

*In the world of the books*

Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies..... 100

The list of requirements to the material presentation and article publication  
conditions..... 105

## Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации

### The list of requirements to the material presentation and article publication conditions

---

#### Общие требования

##### 1. Авторы представляют в редакцию:

- рукописи в электронном виде (по электронной почте [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)) в соответствии с правилами оформления материалов, приведенными в **Приложении 1** (текстовый и графический материал);
- сопроводительное письмо (редакция высылает авторам образец по их предварительному запросу);
- рецензию специалиста. Примерная структура рецензии приведена в **Приложении 4**. Рецензии принимаются за подписью специалиста с научной степенью доктора наук в той области, которой посвящена тематика статьи. Рецензию, заверенную гербовой печатью организации, в которой работает рецензент, необходимо отсканировать, сохранить ее как графический файл (предпочтительно в формате .jrg) и прислать в редакцию в электронном виде вместе со статьей. Редакция предоставляет рецензии по запросам авторам рукописей и экспертным советам в ВАК.

2. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в **Приложении 2**.

3. Библиографический список приводится после текста статьи в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом. Примеры оформления библиографических ссылок даны в **Приложении 3**.

4. Для размещения статьи в журнале необходимо распечатать размещенную на сайте (полученную по запросу из редакции) квитанцию и

оплатить ее в Сбербанке. Отсканировав оплаченную квитанцию с отметкой банка об оплате, нужно сохранить ее как графический файл (предпочтительно в формате .jpg) и прислать в редакцию в электронном виде вместе со статьей.

5. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

6. После рассмотрения материалов редакция уведомляет авторов о своем решении электронным письмом. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

7. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право внесения редакторской правки. Мнение редакции может не совпадать с мнениями авторов, материалы публикуются с целью обсуждения актуальных вопросов.

8. Редакция не несёт ответственности за содержание рекламы и объявлений.

9. Авторские права принадлежат ООО «ЦНТ «НаноСтроительство», любая перепечатка материалов полностью или частично возможна только с письменного разрешения редакции.

---

**Уважаемые авторы, в целях экономии времени  
следуйте правилам оформления статей в журнале.**

**Приложение 1****Правила оформления материалов**

---

Статьи представляются по электронной почте (e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)) и оформляются следующим образом.

**1. Текст статьи.**

- Объем статьи – не менее 3 и не более 10 страниц формата А4.
- Поля: слева и справа – по 2 см, снизу и сверху – по 2,5 см.
- Основной текст статьи набирается в редакторе Word.
- Шрифт основного текста – Times New Roman.
- Текст набирается 14 кг, междустрочный интервал – множитель 1,15.
- Для однородности стиля не используйте шрифтовые выделения (курсив, подчеркивания и др.).
- Отступ первой строки абзаца – 1 см.
- Сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул MS Equation 3.0.
- Формулы располагаются по центру колонки без отступа, их порядковый номер указывается в круглых скобках и размещается в колонке (странице) с выключкой вправо. Единственная в статье формула не нумеруется. Сверху и снизу формулы не отделяются от текста дополнительным интервалом.
- Для ссылок на формулы в тексте используются круглые скобки – (1), на литературные источники – квадратные скобки [1].
- Библиографический список приводится 12 кг.

**2. Графическое оформление статьи.**

- Иллюстрации выполняются в векторном формате в графическом редакторе Corel Draw 11.0 либо в любом из графических приложений MS Office 97, 98 или 2000.

- Графики, рисунки и фотографии вставляются в текст после первого упоминания о них в удобном для автора виде.
- Подрисуночные подписи (12 кг, обычный) даются под иллюстрациями по центру после сокращенного слова *Рис.* с порядковым номером (12 кг, полужирный). Единственный рисунок в тексте не нумеруется.
- Между подписью к рисунку и последующим текстом – один междустрочный интервал.
- Все рисунки и фотографии должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi. Иллюстративный материал желательно представлять в цветном изображении.
- Графики нельзя выполнять тонкими линиями (толщина линий – не менее 0,2 мм).
- Ксерокопированные, а также плохо отсканированные рисунки из книг и журналов не принимаются.
- Слово *Таблица* с порядковым номером располагается с выключкой вправо. На следующей строке приводится заголовок к таблице (выравнивание по центру без отступа). Между таблицей и текстом – один междустрочный интервал. Единственная таблица в статье не нумеруется.

### 3. Оформление модулей.

- Модули должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi (в формате .jpg).
- Размеры модулей, мм:  
1/1 – 170 (ширина) x 230 (высота);  
1/2 – 170 (ширина) x 115 (высота).

## Приложение 2

### Структура статьи

---

#### УДК

**Автор(ы):** обязательное указание мест работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий (на русском языке)

**Автор(ы):** обязательное указание мест работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий (на английском языке)

**Заглавие** (на русском языке)

**Заглавие** (на английском языке)

**Аннотация** (на русском языке)

**Аннотация** (на английском языке)

**Ключевые слова** (на русском языке)

**Ключевые слова** (на английском языке)

**Текст статьи** (на русском языке)

**Текст статьи** (на английском языке)\*

**Контактная информация для переписки** (на русском языке)

**Контактная информация для переписки** (на английском языке)

**Библиографический список** в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом (на русском языке)

**Библиографический список** в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом (на английском языке)

---

\* для авторов из-за рубежа

**Приложение 3****Оформление библиографических ссылок**

**Библиографический список приводится после текста статьи. Все ссылки в списке последовательно нумеруются.**

**1. Описание электронных научных изданий (на примере публикаций в электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»):**

1. *Гусев Б.В.* Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. №2. С. 5–10. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 15.01.2010).

2. *Ивасышин Г.С.* Научные открытия в микро- и нанотрибологии. Феноменологические основы квантовой теории трения // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 4. С. 70–86. Гос. регистр. № 0421000108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 22.10.2010).

**Публикации в номерах:**

**2009 года** приводятся без номера государственной регистрации в НТЦ «Информрегистр»;

**2010 года** – с номером государственной регистрации в НТЦ «Информрегистр» (Гос. регистр. № 0421000108);

**2011 года** – с номером государственной регистрации в НТЦ «Информрегистр» (Гос. регистр. № 0421100108).

**2. Описание книги одного автора**

*Описание книги одного автора начинается с фамилии автора, если книга написана не более чем тремя авторами. Перед заглавием пишется только первый автор.*

Борисов И.И. Воронежский государственный университет вступает в XXI век: размышления о настоящем и будущем. Воронеж: изд-во Воронежского гос. ун-та, 2001. 120 с.

Фиалков Н.Я. Физическая химия неводных растворов / Н. Я. Фиалков, А. Н. Житомирский, Ю. Н. Тарасенко. Л.: Химия, Ленингр. отд., 1973. 376 с.

### 3. Описание книги четырех и более авторов

*Описание книги начинается с заглавия, если она написана четырьмя и более авторами. Всех авторов необходимо указывать только в сведениях об ответственности. При необходимости их количество сокращают. Также дается описание коллективных монографий, сборников статей.*

Обеспечение качества результатов химического анализа / П. Буйташ, Н. Кузьмин, Л. Лейстнер и др. М.: Наука, 1993. 165 с.

Пиразолоны в аналитической химии: тез. докл. конф. Пермь, 24–27 июля 1980 г. Пермь: Изд-во ПГУ, 1980. 118 с.

### 4. Описание статьи из журнала

Определение водорода в магнии, цирконии и натрии на установке С2532 / Е.Д. Маликова, В.П. Велюханов, Л.С. Махинова и др. // Журн. физ. химии. 1980. Т. 54, вып. 11. С. 698–789.

Козлов Н.С. Синтез и свойства фторсодержащих ароматических азометинов / Н.С. Козлов, Л.Ф. Гладченко // Изв. АН БССР. Сер. хим. наук, 1981. №1. С. 86–89.

### 5. Описание статьи из продолжающегося издания

Леженин В.Н. Развитие положений римского частного права в российском гражданском законодательстве // Юрид. зап. / Воронеж. гос. ун-т, 2000. Вып. 11. С. 19–33.

Живописцев В.П. Комплексные соединения тория с диантипирилметаном / В.П. Живописцев, Л.П. Патосян // Учен. зап. / Перм. ун-т, 1970. №207. С. 14–64.

### 6. Описание статьи из неперiodического сборника

Любомилова Г.В. Определение алюминия в тантапониобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые методы, исслед. по анализу редкоземельн. минералов, руд и горн. пород. М., 1970. С. 90–93.

Астафьев Ю.В. Судебная власть: федеральный и региональный уровни / Ю.В. Астафьев, В.А. Панюшкин // Государственная и местная власть: правовые проблемы (Россия–Испания): сб. научн. тр. / Воронеж, 2000. С. 75–92.

### 7. Описание статьи из многотомного издания

Локк Дж. Опыт веротерпимости / Джон Локк: собр. соч. в 3-х т. М., 1985. Т. 3. С. 66–90.

Асмус В. Метафизика Аристотеля // Аристотель: соч. в 4-х т. М., 1975. Т. 1. С. 5–50.

### 8. Описание диссертаций

Ганюхина Т.Г. Модификация свойств ПВХ в процессе синтеза: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06. Н. Новгород, 1999. 109 с.

### 9. Описание авторефератов диссертаций

Жуков Е.Н. Политический центризм в России: автореф. дис. ... канд. филос. наук. М., 2000. 24 с.

### 10. Описание депонированных научных работ

Крылов А.В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра / А.В. Крылов, В.В. Бабкин; редколл. Журн. прикладной химии. Л., 1982. 11 с. Деп. в ВИНТИ 24.03.82; №1286. 82.

Кузнецов Ю.С. Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Ю.С. Кузнецов; Моск. хим.-технол. ин-т. М., 1982. 10 с. Деп. в ВИНТИ 27.05.82; №2641.

### 11. Описание нормативных актов (обязательны только подчеркнутые элементы):

О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федер. закон от 31 мая 2001 г. №73-ФЗ // Ведомости Федер. собр. Рос. Федерации. 2001. №17. Ст. 940. С. 11–28.

ГОСТ 10749.1-80. Спирт этиловый технический. Методы анализа. Взамен ГОСТ 10749-71; введ. 01.01.82 до 01.01.87. М.: Изд-во Стандарты, 1981. 4 с.

### 12. Описание отчетов о НИР

Проведение испытания теплотехнических свойств камер КХС-12-В3 и КХС-2-12-З: Отчет о НИР (промежуточ.) / Всесоюз. заоч. ин-т пиц. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В.М. Шавра. ОЦО 102ТЗ; №ГР80057138; Инв. №5119699. М, 1981. 90 с.

### 13. Описание патентных документов (обязательны только подчеркнутые элементы):

А.с. 1007970 СССР. МКИ4 В 03 С 7/12. А 22 С 17/04. Устройство для разделения многокомпонентного сырья / Б.С. Бабакин, Э.И. Каухчешиили, А.И. Ангелов (СССР). №3599260/28-13; заявл. 2.06.85; опубл. 30.10.85. Бюл. №28. 2 с.

Пат. 4194039 США, МКИЗ В 32 В 7/2. В 32 В 27/08. Multi-lauer polvolefin shrink film / W.B. Muelier; W.K. Grace & Co. №896963; заявл. 17.04.78; опубл. 18.03.80. 3 с.

## Приложение 4

### Структура рецензии на статью

---

1. Актуальность темы статьи.
2. Краткая характеристика всего текста статьи.
3. Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций, изложенных в статье.
4. Значимость для науки и практики результатов и предложений, рекомендации по их использованию.
5. Основные замечания по статье.
6. Выводы о возможности публикации статьи в журнале.
7. Сведения о рецензенте: его место работы, занимаемая должность, научное звание, научная степень (доктор наук в той области, которая соответствует тематике статьи). Данные сведения оформляются в виде подписи рецензента, которая заверяется в отделе кадров его места работы гербовой печатью.

**В целом рецензия должна отражать полноту освещения проблемы, рассматриваемой в статье.**

## Редакция

Главный редактор	доктор техн. наук, профессор Б.В. Гусев
Шеф-редактор	Е.Д. Беломытцева
Консультанты:	доктор техн. наук, профессор И.Ф. Гончаревич
	канд. техн. наук В.П. Кузьмина
Журналисты:	И.А. Жихарева
	Ю.Л. Липаева
Дизайн и верстка	А.С. Резниченко
Перевод	С.Р. Муминова

**«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» зарегистрирован как самостоятельное средство массовой информации в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77 – 35813).**

**«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (<http://www.vak.ed.gov.ru>).**



**«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» зарегистрирован в НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР» Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации:**

- номер государственной регистрации 0421000108 (действителен в течение 2010 г.);
- номер государственной регистрации 0421100108 (действителен в течение 2011 г.).



Каждой научной публикации в электронном издании присваивается уникальный идентификационный номер, который должен быть включен в библиографическую ссылку на публикацию. Публикации в электронных научных изданиях учитываются при защите диссертаций (присвоении ученого звания) при условии указания в материалах аттестационного дела номера регистрации электронного издания в НТЦ «Информрегистр» и идентификационного номера публикации, присваиваемых НТЦ «Информрегистр». Редакция высылает авторам справку НТЦ «Информрегистр» с идентификационным номером публикации. Кроме того, зарегистрированные публикации представлены в «Информационном бюллетене электронных научных изданий», размещенном на сайте НТЦ «Информрегистр» (<http://www.inforeg.ru>).

«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включен в систему Российского индекса научного цитирования, основная информация о статьях размещается на сайте Научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), внесен в международную систему данных по периодическим изданиям (МСДПИ) международного Центра ISSN (2075-8545) в г. Париже (Франция), что позволяет значительно расширить читательскую аудиторию.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право внесения редакторской правки. Мнение редакции может не совпадать с мнениями авторов, материалы публикуются с целью обсуждения актуальных вопросов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

Авторские права принадлежат ООО «ЦНТ «НаноСтроительство», любая перепечатка материалов полностью или частично возможна только с письменного разрешения редакции.

---

**Учредитель и издатель журнала**  
ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»

**Дата опубликования**  
15 декабря 2010 г.

**Адрес редакции:**  
Российская Федерация, 125009, Москва, Газетный пер., д. 9, стр. 4  
Internet: <http://www.nanobuild.ru>  
E-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)

---

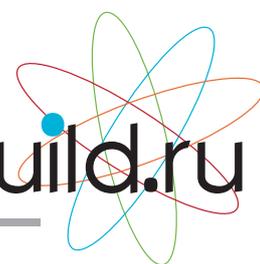
**МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ДОСТУПА К ИЗДАНИЮ:**

#### **Windows**

- Intel Pentium® III or equivalent processor.
- Microsoft® Windows® 2000 with Service Pack 4; Windows Server® 2003 (32-bit or 64-bit editions) with Service Pack 1; Windows XP® Professional, Home, Tablet PC(32-bit or 64-bit editions) with Service Pack 2 or 3(32-bit or 64-bit editions); or Windows Vista® Home Basic, Home Premium, Ultimate, Business, or Enterprise with Service Pack 1 or 2 (32-bit or 64-bit editions).
- 128MB of RAM (256MB recommended for complex forms or large documents).
- 170MB of available hard-disk space.
- Microsoft Internet Explorer 6.0 or 7.0, Firefox 1.5 or 2.0, Mozilla 1.7, AOL 9, Google Chrome 5.0, Opera 10.6.

#### **Macintosh**

- PowerPC G3, G4, G5 or Intel processor.
- Mac OS X v10.4.11–10.5.5.
- 128MB of RAM (256MB recommended for complex forms or large documents).
- 170MB of available hard-disk space (additional space required for installation).
- Safari® (Shipping with supported OS).



Редакция приглашает к публикации материалов в Интернет-журнале, а также предлагает оформить подписку на издание

[www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)

e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)

Январь • January							Февраль • February							Март • March						
пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
					1	2		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12	13
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	14	15	16	17	18	19	20
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	21	22	23	24	25	26	27
24	25	26	27	28	29	30	28							28	29	30	31			
31																				

Апрель • April							Май • May							Июнь • June						
пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
				1	2	3							1			1	2	3	4	5
4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12
11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19
18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26
25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30			
							30	31												

Июль • July							Август • August							Сентябрь • September						
пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25
25	26	27	28	29	30	31	29	30	31					26	27	28	29	30		

Октябрь • October							Ноябрь • November							Декабрь • December						
пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
					1	2		1	2	3	4	5	6				1	2	3	4
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29	30	28	29	30					26	27	28	29	30	31	
31																				