

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

научный Интернет-журнал

2009 • Том 1 • № 1

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

A Scientific Internet-Journal

2009 • Vol. 1 • no. 1

NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE

nauchnyj Internet-zhurnal

2009 • Tom 1 • № 1

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

В НОМЕРЕ:

- Средства массовой информации в развитии нанотехнологий
- Нанотехнологический этап научно-технического развития строительства
- Нанопроцессоры, наноманипуляторы, нанокomпьютеры и другие уникальные приборы и устройства – для современной науки
- Научно-образовательный центр по нанотехнологиям в МГСУ
- Мероприятия ГК «Роснанотех»
- Принципы получения «суперматериалов XXI века»
- Обзор патентов
- Использование импульсных режимов для повышения эффективности нанотехнологий
- Наномероприятия в мире
- Методика оценки технико-экономической эффективности нанотехнологий
- Помощь в патентной деятельности
- Научно-техническая литература серии «Новые материалы и нанотехнологии»

Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал Nano-technologies in construction: a scientific Internet-journal

Научно-техническая поддержка
Российская инженерная академия

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 Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

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», академик РИА и МИА, заслуженный строитель РФ, доктор технических наук, профессор

ИВАНОВ Леонид Алексеевич – зам. главного редактора электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», академик МИА, канд. техн. наук

МАГДЕЕВ Усман Хасанович – зам. генерального директора по науке ЗАО «НИПТИстройиндустрия», 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, профессор МГСУ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**Председатель редакционного совета**

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 Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

Члены редакционного совета

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

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

КОРОЛЬ Елена Анатольевна – проректор МГСУ по научной работе, академик РИА, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор;

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

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

ФЕДОСОВ Сергей Викторович – ректор ИГАСА, 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, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный строитель РФ, доктор технических наук, профессор

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

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Гусев Б.В. Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» | 5 |
| Теличенко В.И., Король Е.А., Мухин Е.Н. и др. Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ | 15 |
| Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1 | 24 |
| Гончаревич И.Ф. К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов | 35 |
| Чернышов Е.М. Нанотехнологические исследования строительных композитов: общие суждения, основные направления и результаты | 45 |
| Трамбовецкий В.П. Зарубежный опыт. Союз нанотехнологий и строительства. Часть 1 | 60 |
| Королев Е.В. Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении | 66 |
| Иванов Л.А. Мероприятия. Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка | 80 |
| Кузьмина В.П. Патентный обзор. Нанотехнологии в строительстве | 87 |
| О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования..... | 95 |
| Строганова С. О наномероприятиях в мире | 96 |
| В мире книг..... | 102 |
| Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей | 106 |

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Gusev B.V. About the electronic version of the journal «Nano-technologies in construction: a scientific Internet-journal» | 5 |
| Telichenko V.I., Korol E.A., Mukhin E.N. et al. The development of nano-technology methods and the professional training of researchers at MSUCE | 15 |
| Falikman V.R. About the use of nano-technologies and nano-materials in construction. Part 1 | 24 |
| Goncharevich I.F. To the question of the development of phenomenology of the nano-technologies of production of construction materials | 35 |
| Chernyshov E.M. The nano-technology studies of construction composites: general considerations, main directions and results ... | 45 |
| Trambovetsky V.P. <i>Foreign experience.</i> The Union of the nano-technologies and the construction. Part 1 | 60 |
| Korolev E.V. The main principles of practical nano-technologies in construction material science | 66 |
| Ivanov L.A. <i>Events.</i> Nano-technologies in construction: new potentialities for the market | 80 |
| Kuzmina V.P. <i>The patent review.</i> Nanotechnologies in construction ... | 87 |
| Stroganova S. About nano-events in the world | 96 |

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

УДК 69



Б.В. ГУСЕВ, 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 Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

B.V. GUSSEV, Editor-in-chief of the electronic version of the journal «Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal», President of the Russian Academy of Engineering and the International Academy of Engineering, a corresponding member of the Russian Academy of Sciences, a Honoured Scientist of the RF, a USSR prize-winner, a RF prize-winner, Ph.D. (engineering), Professor.

ОБ ЭЛЕКТРОННОМ ИЗДАНИИ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ»

ABOUT THE ELECTRONIC VERSION OF THE JOURNAL «NANO-TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL»

Рассматриваются вопросы развития нанотехнологий и nanoиндустрии в России; роль средств массовой информации в развитии нанотехнологий; цель, задачи, принципы публикации научных материалов и тематика статей электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал».

The information concerning the questions of development of both the technologies and the nano-industry in Russia; the role of the mass-media in the process of development of nano-technologies; the purposes, the tasks, the publication principles for scientific information and the subject-matter of the issues of the electronic journal «Nano-technologies in construction: a scientific Internet-journal».

Ключевые слова: нанотехнологии, nanoиндустрия, строительство, коммерциализация разработок, средства массовой информации, электронное научное издание, интернет-журнал.

Key-words: nano-technologies, nano-industry, construction, commercial developments, mass-media, electronic scientific journal, Internet-journal.

Развитие нанотехнологий в России

Нанотехнологии и nanoиндустрия являются в настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития науки, технологий и промышленности. Сегодня практически каждая страна, причисляющая себя к лидерам научно-технического прогресса, имеет свою нанотехнологическую инициативу.

Наиболее известной является «Национальная Нанотехнологическая Инициатива», принятая конгрессом США в 2000 г. и ведущая свою историю с 1996 г.

В России основы государственной политики в сфере nanoиндустрии определены в президентской инициативе «Стратегия развития nanoиндустрии» от 24 апреля 2007 г. № Пр-688 [1].

В соответствии с этой стратегией уже в ближайшие годы должны быть кардинально увеличены объемы производства выпускаемой и востребованной продукции нанотехнологий и достигнуто насыщение соответствующих рынков. Одновременно должна начаться разработка новых видов продукции нанотехнологий, которые появятся на рынке через несколько лет, и доведение этих видов продукции до промышленного производства.

К 2015 г. в стране должна быть сформирована национальная нанотехнологическая сеть, представляющая условия для масштабного наращивания продукции nanoиндустрии.

В целях содействия реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и nanoиндустрии и в соответствии с Федеральным законом №139-ФЗ от 19.07.2007 г. «О российской корпорации нанотехнологий» создана государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (далее – Корпорация).

Основные усилия и ресурсы Корпорации планируется сосредоточить на достижении главной для Корпорации цели – завоевании Россией лидирующих позиций на мировых рынках нанотехнологической продукции. Вхождение России в число лидеров в области нанотехнологий должно быть достигнуто на следующих главных направлениях:

- завоевание лидирующих позиций на мировых рынках нанотехнологической продукции;
- признание России в мировом нанотехнологическом сообществе, в

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

том числе в качестве международной площадки для обсуждения проблем развития nanoиндустрии;

- обеспечение весомого вклада в мировую «копилку» знаний («Генерация новых знаний»).

Стратегия разработана на период до 2020 г. и полностью согласуется с целями и задачами «Программы развития nanoиндустрии в Российской Федерации», обеспечение реализации которой определяется поручением Правительства Российской Федерации от 4 мая 2008 г. №ВЗ-П7-2702. Основные мероприятия Корпорации согласуются с перспективами развития nanoиндустрии в России, которые в свою очередь в соответствии с директивными документами должны характеризоваться:

– на краткосрочном горизонте (2008–2010 гг.) – формированием конкурентоспособного сектора исследований и разработок в области nanoиндустрии и эффективной системы коммерциализации объектов интеллектуальной собственности;

– на среднесрочном горизонте (2008–2015 гг.) – созданием условий для масштабного наращивания объема производства продукции nanoиндустрии и выхода профильных российских организаций на мировой рынок высоких технологий;

– на долгосрочном горизонте (2008–2025 гг.) – созданием принципиально нового технологического базиса экономики в Российской Федерации.

Исходя из поставленной главной цели, определены основные задачи Корпорации: обеспечение коммерциализации разработок nanoиндустрии и координация инновационной деятельности в сфере nanoиндустрии.

Для достижения главной цели и решения основных задач Корпорацией используются различные обеспечивающие инструменты:

1. Научное прогнозирование, дорожные карты.
2. Инфраструктурные программы.
3. Проекты по исследовательским и опытно-конструкторским разработкам.
4. Интеллектуальная собственность.
5. Образовательные проекты.
6. Развитие рыночных условий и отношений.
7. Сертификация, стандартизация и метрологическое обеспечение.
8. Обеспечение безопасности нанотехнологий и нанопродукции.
9. Популяризация и общественные коммуникации.

10. Информационная деятельность.
11. Участие в совершенствовании законодательства.
12. Международное сотрудничество.
13. Создание в России международной площадки для обсуждения проблем развития nanoиндустрии.

Роль средств массовой информации в развитии нанотехнологий

Анализ инструментов, обеспечивающих решение основных задач Корпорации, позволяет сделать вывод, что из 13 пунктов как минимум четыре относятся к средствам массовой информации. Это пп.9, 10, 12 и 13. Рассмотрим их более подробно.

9. Популяризация и общественные коммуникации

В рамках программ популяризации и общественных коммуникаций Корпорация решает следующие основные задачи:

- *определение и популяризация предметной области nanoиндустрии;*
- *повышение доверия потребителей к продукции отечественной nanoиндустрии;*
- *информирование общественности о деятельности Корпорации: содействие продвижению имиджа России, как одного из мировых центров nanoиндустрии.*

10. Информационная деятельность

Корпорация содействует созданию единого информационного пространства национальной нанотехнологической сети, организуя разработку и формирование информационных баз данных по различным вопросам нанотехнологий и nanoиндустрии.

12. Международное сотрудничество

Участие Корпорации в основных структурах и механизмах международного сотрудничества в сфере нанотехнологий направлено на создание благоприятных внешних условий для достижения основных целей Корпорации по кратному увеличению производства и объема экспорта продукции nanoиндустрии российских производителей, выходу российских организаций на мировой рынок высоких технологий и завоеванию на нем лидирующих позиций. Налаживание взаимовыгодного сотрудничества со странами Содружества Независимых Государств, привлечение ученых и специалистов стран Содружества к реализации проектов в области нанотехнологий и nanoиндустрии.

13. Создание в России международной площадки для обсуждения проблем развития наноиндустрии

Корпорация обеспечивает организацию и проведение в России ежегодного международного форума по наноиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий, организует и проводит конференции, симпозиумы, семинары и выставки по всему спектру вопросов развития нанотехнологий и наноиндустрии, имеющих актуальное и перспективное практическое значение, с участием ведущих российских и зарубежных организаций и специалистов, а также представителей бизнеса.

Таким образом, средствам массовой информации отводится важнейшая роль в решении основных задач Корпорации, т.е. обеспечении коммерциализации разработок наноиндустрии и координации инновационной деятельности в сфере наноиндустрии.

Не случайно в последние годы появились такие журналы как «Российские нанотехнологии», «Наноиндустрия», «Популярные нанотехнологии», Российский электронный НАНОЖУРНАЛ», «Нанотехнологии» и др.

Одним из реальных секторов экономики, который ещё не охватили «наноСМИ», является строительство. Поэтому и было решено создать периодическое научное издание «Нанотехнологии в строительстве». Появление такого издания, в котором бы публиковалась аналитическая информация о нанотехнологиях в строительстве, очень важно для развития отрасли и наноиндустрии в целом.

Учитывая тот факт, что в настоящее время всё более широкое распространение в мире и в России приобретают информационные технологии, была выбрана электронная форма периодического распространения издания, охватывающая очень большой круг читателей.

Научное электронное издание представляет собой электронное издание, содержащее результаты теоретических и (или) экспериментальных исследований, прошедшее редакционно-издательскую обработку, распространяемое в неизменном виде, имеющее выходные данные и предназначенное для неограниченного круга 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, в особенности размещенных в интернете, и обеспечение их сохранности представляют

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

значительный интерес для соискателей ученых степеней и научного сообщества в целом.

Вопрос организации работы с электронными научными изданиями нашел свое отражение в Постановлении Правительства РФ от 30 января 2002 г. №74 «Об утверждении Единого реестра ученых степеней и ученых званий и положения о порядке присуждения ученых степеней». В п. 11 данного Положения указано: «К опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации, приравниваются публикации в электронных научных изданиях, зарегистрированных в Информрегистре в порядке, согласованном с Высшей аттестационной комиссией». В настоящее время действует «Порядок регистрации электронных научных изданий, публикации в которых приравниваются к опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации», согласованный с Федеральной службой по надзору в сфере науки и образования 5 июля 2007 г.

Согласно решению Президиума Высшей аттестационной комиссии необходимыми условиями для включения научных периодических изданий в Перечень ВАК являются, в том числе, наличие сетевой версии в Интернете и регулярное предоставление информации об опубликованных статьях в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) [2, 3].

Каждой публикации в электронном издании присваивается уникальный идентификационный номер, который должен быть включен в библиографическую ссылку на публикацию. Зарегистрированные публикации представлены в «Информационном бюллетене электронных научных изданий», размещенном на сайте НТЦ «Информрегистр».

Цель, основные задачи и принципы публикации научных материалов в электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» зарегистрировано как самостоятельное средство массовой информации в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77 – 35813 от 31 марта 2009 г.).

Основной целью электронного издания является информационное обеспечение процесса создания и внедрения нанотехнологической продукции в области строительства.

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

Основные задачи электронного издания:

- информирование общественности о деятельности государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий», содействие продвижению имиджа России, как одного из мировых центров наноиндустрии;
- определение и популяризация предметной области наноиндустрии в строительстве, повышение доверия потребителей к продукции отечественной наноиндустрии;
- участие в создании единого информационного пространства национальной нанотехнологической сети, организация разработки и формирования информационных баз данных по различным вопросам нанотехнологий и наноиндустрии в области строительства;
- создание благоприятных условий по кратному увеличению производства и объема экспорта продукции наноиндустрии российских производителей в области строительства, выходу российских организаций на мировой рынок высоких технологий и завоеванию на нем лидирующих позиций. Налаживание взаимовыгодного сотрудничества со странами Содружества Независимых Государств, привлечение ведущих ученых и специалистов этих стран к реализации проектов в сфере нанотехнологий и наноиндустрии в области строительства;
- участие в мероприятиях (форумах, конференциях, симпозиумах, семинарах, выставках, круглых столах и т.д.) по наноиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий в области строительства, имеющих актуальное и перспективное практическое значение, с участием ведущих российских и зарубежных организаций и специалистов, а также представителей бизнеса.

Основные принципы публикации научных материалов в электронном издании:

- соблюдение государственных интересов: деятельность журнала направлена на развитие наукоемких технологий в России в области строительства и, в первую очередь, на коммерциализацию их результатов;
- компетентность: на страницах журнала публикуются материалы ведущих российских и зарубежных ученых, профессорско-преподавательского состава вузов, сотрудников научно-исследовательских институтов и центров, конструкторских бюро, специалистов и консультантов (юридических и физических лиц); статьи сопровождаются рецензией специалиста, редакция предоставляет рецензии авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК;

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

– публичность и открытость: информационные, аналитические и научно-технические материалы размещаются на сайте издания (www.nanobuild.ru); редакция приглашает к публикации информации о своих достижениях как специалистов из России, так и зарубежных партнеров;

– независимость: редакция действует самостоятельно в рамках законодательства Российской Федерации, в соответствии с Законом Российской Федерации «О средствах массовой информации» (№ 2124 от 27.12.91 г.), а также решений редакции журнала.

Основная тематика публикуемых материалов:

- Разработка теории формирования прочности и проницаемости наноструктурированных систем.
- Математические квантовые и другие виды моделей для исследования свойств наноматериалов.
- Проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах.
- Технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.).
- Создание новых функциональных материалов в строительстве.
- Разработка принципов перехода «беспорядок-порядок» при создании композитов с использованием синергетики и других подходов.
- Изучение различных технологических принципов при создании наносистем в промышленном производстве.
- Диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем.
- Проблемы получения высокоплотных и высокопрочных строительных материалов (бетоны, керамика и др.).
- Технологии измельчения минеральных частиц до наноразмерных уровней.
- Технология перемешивания смесей с нанодисперсными частицами и методы их активации.
- Гидродинамические и другие методы активации водных суспензий и растворов.
- Модификация водных растворов различных наноразмерных добавок, используемых в строительстве.
- Исследование в области токсичности порошковых наноматериалов.
- Металлическая арматура, модифицированная в процессе изготовления наноразмерными материалами.

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

- Волокна углеродные, базальтовые, арамидные и другие малых диаметров с наноразмерными структурными характеристиками.
- Цементные и другие вяжущие с минеральными и органическими добавками.
- Бетоны и растворы, модифицированные наноразмерными добавками.
- Суспензии минеральных частиц, используемые для лаков, красок, а также модификаторов к бетонам и растворам, свойства, технология их приготовления и живучесть.
- Дисперсии органических материалов, используемые для изготовления лаков и красок, а также добавок для бетонов и растворов, методы их активации и живучесть.
- Применение нанопорошков различной природы для модификации свойств строительных материалов.
- Новые свойства строительных материалов на основе наносистем.
- Модифицирование строительных материалов нановолокнами.
- Дисперсные композиционные материалы с нанопокрытием.
- Формование наноструктурных покрытий лазерным напылением.
- Разработка методов исследования наноструктуры материалов на основе дисперсных систем, в том числе исследования нанообъектов пустоты в пористых системах.
- Технологии исследования свойств наноматериалов.
- Системы преподавания основ нанотехнологий.

Тематика статей может быть и иной, прямо или косвенно связанной с перечисленными выше направлениями.

Таким образом, создание и развитие электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», освещающего столь широкий тематический диапазон, несомненно сможет внести свой вклад в развитие как строительной отрасли, так и nanoиндустрии в целом.

Редакция приглашает к публикации информации о своих достижениях специалистов из России и зарубежных партнеров.

Б.В. ГУСЕВ Об электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

Библиографический список:

1. Стратегия деятельности государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий» до 2020 года. URL: <http://www.rusnano.com/> (дата обращения: 20.03.2009).
2. Информационное сообщение Президиума Высшей аттестационной комиссии о порядке формирования Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук от 14.10.2008 № 45.1-132. URL: <http://vak.ed.gov.ru/> (дата обращения: 31.03.2009).
3. Условия включения в систему Российского индекса научного цитирования. URL: <http://www.eLIBRARY.RU/> (дата обращения: 20.03.2009).

Контактная информация для переписки:
e-mail: info@nanobuild.ru



РОСНАНО
Российская корпорация нанотехнологий

Аттестат эксперта

| | |
|--|--|
| | № 214 Аттестат выдан 15.05.2009 г. Действителен до 17.11.2011 г. |
| Настоящий аттестат удостоверяет, что | |
| Гусев Борис Владимирович | |
| соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к экспертам – физическим лицам, привлекаемым ГК «Роснанотех» для проведения научно-технической экспертизы и аккредитован по категории: | |
| «Т» – научно-техническая экспертиза, а также производственно-технологическая | |
| на основании решения Комиссии по аккредитации, протокол № 5 от 20.10.2008 г. | |
| Генеральный директор | Чубайс Анатолий Борисович |
| Председатель Комиссии по аккредитации, Директор департамента научно-технической экспертизы | Калюжный Сергей Владимирович |


 Подпись


 Подпись

УДК 691

В.И. ТЕЛИЧЕНКО, ректор МГСУ, академик РААСН, доктор технических наук, профессор, Россия
Е.А. КОРОЛЬ, проректор МГСУ по научной работе, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор, Россия
М.С. ХЛЫСТУНОВ, директор Центра управления научной и инновационной деятельностью кандидат технических наук, профессор, Россия
Е.Н. МУХИН, помощник проректора, директор Центра подготовки и повышения квалификации научных кадров и специалистов МГСУ, Россия

V.I. TELICHENKO, Rector of MSUCE, a full member of the RAAC, Dr. Sc. (engineering), Professor;
E.A. KOROL, Deputy Rector of MSUCE (research and development works), a corresponding member of the RAAC, Dr. Sc. (engineering), Professor, Russian Federation
M.S. KHLYSTUNOV, Director of the Centre of control over the research works and innovative activities, Cand. Sc. (engineering), Professor, Russian Federation
E.N. MUKHIN, Deputy Rector Assistant, Director of the Skill Improvement Centre for researchers and other specialists from MSUCE, Russian Federation

РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКА ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ МГСУ

THE DEVELOPMENT OF NANO-TECHNOLOGY METHODS AND THE PROFESSIONAL TRAINING OF RESEARCHERS AT MSUCE

Формирование комплекса нанотехнологических исследований в Московском государственном строительном университете основывается на продолжительном опыте нескольких десятилетий: базовыми кафедрами проводились передовые исследования в области структурного анализа, разработки методов модификации свойств материалов облучением и химическим замещением, формирования новых форм композиционного взаимодействия и сочетания, способных обеспечить повышение эффективности строительных материалов и проводимых работ.

The arrangement of nano-technology research works at Moscow State University of Civil Engineering is based on a long-term experience in the field obtained at the basic chairs for the following directions: the structural analysis, the development of the methods of modifying the material properties through radiation or chemical substitution, the development of new forms of the composition interactions and combinations, which will improve the efficiency of construction materials as well as the efficiency of the works concerned.

Ключевые слова: Московский государственный строительный университет, нанотехнологические исследования, строительная сфера, нанотехнологическая сеть, наноматериалы, строительная наука, научно-образовательный центр по нанотехнологиям, высшее строительное образование, научно-образовательный процесс.

Key-words: Moscow State University of Civil Engineering, nano-technology research works, field of practical construction, nano-technology net, nano-materials, construction science, research-and-education centre for nano-technologies, higher construction education, research-and-education process.

Развитие нанотехнологических исследований в РФ утверждено в качестве приоритетного направления. В Президентской программе «Стратегия развития nanoиндустрии» выделен ряд системообразующих структур национальной нанотехнологической сети, среди которых значатся научные, образовательные, проектные и промышленные центры и лаборатории, созданные на базе вузов и осуществляющие исследования, разработки в сфере нанотехнологий и выпуск нанопродукции.

В той же программе особо отмечена необходимость создания условий для организации эффективной деятельности национальной нанотехнологической сети, включающих в себя:

- оснащение вузов, научных организаций и исследовательских центров современным научно-исследовательским, технологическим и учебным оборудованием, создание приборно-инструментальной базы передового уровня;
- создание национальной информационно-аналитической системы, обеспечивающей подготовку и принятие управленческих решений в сфере нанотехнологий; эффективное определение и согласование приоритетов и областей ответственности исполнительных органов; согласование направлений международного научно-технического сотрудничества, тематики НИОКР; формирование единого реестра заказов, единого перечня квалифицированных исполнителей и областей их компетенции; обмен достигнутыми результатами; формирование высокоскоростной вычислительной сети;
- совершенствование системы управления интеллектуальной собственностью (создание нормативно-правовой базы патентно-лицензионной деятельности, оформление исключительных прав, обеспечение создания организационно-правовых механизмов трансфера нанотехнологий);
- разработка национальной системы стандартов и сертификации в сфере нанотехнологии и наноматериалов, гармонизированной с международной системой; создание системы содействия продвижению продукции nanoиндустрии российского производства на внутренний и внешний рынок.

Одним из центральных направлений исследований и разработок университета в области нанотехнологий является решение фундамен-

тальных отраслевых проблем нанобезопасности или наноэкологии помещений и исследования ранее малоизученных процессов влияния нанодефектов на разупрочнение строительных материалов и на ускоренный износ строительных конструкций.

Особая острота и сложность этой проблемы заключается в том, что ее решение возможно только при условии нетривиального объединения результатов фундаментальных и прикладных исследований в целом ряде новейших направлений науки, в том числе в области физики и химии нанометрических процессов, механики твердого тела, квантовой молекулярной динамики, нанометрических дефектов разупрочнения поверхности, тонких методов экспериментальных исследований и измерений, нанобиоэкологии и целого ряда других смежных направлений.

Комплексность отраслевого характера и общенаучная новизна проблемы нового этапа развития нанотехнологического направления в строительной сфере позволила впервые сформировать замкнутый научный конвейер творческих коллективов фундаментальных, естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных кафедр для решения принципиально новых задач строительной науки в области нанотехнологий.

В целях реализации программных решений в МГСУ, на базе кафедр, имеющих весомый опыт практической деятельности исследований наноструктур и нанотехнологических разработок, сформирован Научно-образовательный центр по нанотехнологиям.

Основной задачей Центра является участие в формировании и реализации планов научно-образовательной, научно-исследовательской и инженерно-технической деятельности МГСУ в области нанотехнологий, с привлечением ведущих ученых и специалистов российских и зарубежных организаций, в том числе на федеральном и региональном уровнях.

К числу основных направлений научно-образовательной, научно-исследовательской, инженерно-технической и иной деятельности Центра относятся:

- получение новых научных знаний, выполнение комплексных и совместных разработок в области нанотехнологий и их использование в процессе подготовки аспирантов, в программах переподготовки и повышения квалификации кадров, востребованных современным строительным комплексом и ЖКХ России;

Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ

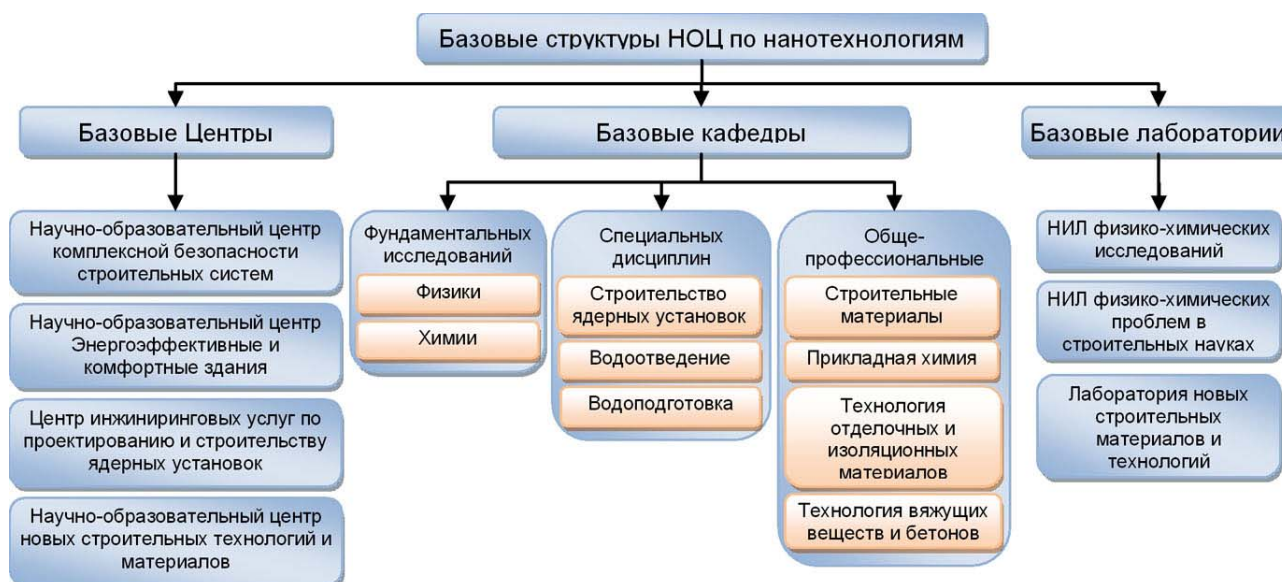
- эффективная интеграция научно-педагогического потенциала Московского государственного строительного университета и других инновационных структур, учреждений и организаций, нацеленная на инновационную деятельность на базе новейших научных знаний в области нанотехнологий, как одного из решающих факторов развития;
- создание и развитие опытно-экспериментальной, стендовой, научно-технологической и приборной базы в интересах ускорения темпов развития строительной науки и высшего строительного образования на основе перспективных разработок в области нанотехнологий;
- формирование и реализация новых систем, методов и форм образовательной деятельности, разработка предложений и оптимизация образовательных стандартов, программ, учебников и учебных пособий нового поколения, перспективных направлений специализации, обеспечивающих принципиально новый качественный уровень развития научно-образовательной системы строительной отрасли в области нанотехнологий;
- достижение и реализация широкодоступных возможностей повышения квалификации и переподготовки научных и профессорско-преподавательских кадров, формирование современной инфраструктуры образования в области нанотехнологий;
- активное участие, а также организация регулярных научных мероприятий (конференций, семинаров, конгрессов и т.п.) на национальном, отраслевом и внутривузовском уровне;
- достижение наивысших показателей издательской деятельности, включая издание монографий, учебников, учебных пособий, статей и сборников научных трудов и докладов сотрудников НОЦ;
- привлечение талантливой молодежи к работам в научно-инновационном центре, включая обучение и стажировку талантливых студентов и аспирантов, закрепление их в сфере строительной науки и высшего образования России, а также обеспечение создания рабочих мест для молодых специалистов из числа российских граждан – выпускников Московского государственного строительного университета.

Для реализации задач по направлениям деятельности Центр проводит фундаментальные и прикладные исследования по основополагающим направлениям строительных наук.

Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ



Выполнение исследований и формирование программ деятельности Центра, включая образовательные, обеспечивается на базе имеющихся структурных подразделений, осуществляющих свою деятельность в научно-исследовательском и образовательном направлениях.



Научные исследования в области нанотехнологий в строительстве в МГСУ имеют довольно широкий спектр и включают в себя практически все приоритетные направления.

Основным условием успешного внедрения нанотехнологий в строительстве является модернизация образовательного процесса в области строительства. Применение нанотехнологий в строительном производстве увеличивает потребность в высококвалифицированных видах труда. Междисциплинарный характер нанотехнологий и их динамичное развитие определяют новые подходы к образованию и в первую очередь предполагают его непрерывный характер и доступность, что в территориальных масштабах России невозможно без создания открытой сети дистанционного образования.



Новые подходы соответственно требуют и новых образовательных стандартов, учебных программ и методик обучения, направленных в первую очередь на развитие системного междисциплинарного подхода. Реализация этих идей должна привести к нивелированию образовательных границ между очным, вечерним и заочным обучением и предоставить обучающимся свободный доступ к занятиям с лучшими преподавателями для любого гражданина России, независимо от его места проживания. Данная форма системы дистанционного образования эффективно реализуется на базе открытой сети МГСУ, в которую включены многочисленные вузы – партнёры Ассоциации строительных вузов (АСВ).

В данном аспекте эффективность реализации деятельности НОЦ по нанотехнологиям основана на формировании системы генерации и последующей трансляции знаний в отраслевую и образовательную среду.

Для решения рассмотренных задач сформирована материально-техническая база для ведения научно-образовательного процесса в области нанотехнологий и наноматериалов. Разработан учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы нанотехнологий в строительстве». Подготовлены рабочие программы по специализациям «Технология строительных наноматериалов» для специальности 270106 и «Безопасность строительных объектов nanoиндустрии» для специальности 270102. В этой работе принимает участие ряд кафедр следующих



институтов и факультетов: Институт фундаментального образования, факультеты Строительно-технологический, Промышленного и гражданского строительства, Теплоэнергетического строительства, Водоснабжения и водоотведения. В НОЦ готовятся специальные курсы и практикумы, освещающие все области бурно развивающейся отрасли фундаментальной, прикладной и инженерной науки и предназначенные для подготовки студентов, магистров и слушателей ДПО строительной отрасли. Собственно участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках в области строительных нанотехнологий и материалов обуславливает междисциплинарный подход как к образовательному процессу, так и к проведению научных исследований и требует от специалистов, наряду с глубокими узкопрофессиональными знаниями, широкого научного кругозора и знания проблематики смежных фундаментальных и прикладных областей науки и техники – физики, химии, механики, материаловедения, информатики. Поэтому в основу научно-образовательного процесса НОЦ НСТМ положен принцип не только межкафедрального и межфакультетского объединения, но организации межвузовского научно-образовательного пространства в рамках АСВ, а также привлечения классических университетов и технических вузов. Данный подход обеспечивает специалисту дополнительные знания и исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования.

Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ

Практические навыки обучающиеся получают на уникальном оборудовании – сканирующем электронном микроскопе, порошковых и монокристалльных дифрактометрах, спектральных приборах, работающих в ИК-, оптическом и УФ-диапазонах, анализаторе дзетта потенциала и размеров частиц в диапазоне 1 нм. Моделирование технологических процессов и теоретическое прогнозирование структуры и свойств наноматериалов будут выполняться с использованием современных суперкомпьютеров на базе НОЦ КМ.

Междисциплинарный подход в рамках НОЦ НСТМ предусматривает не только межвузовскую интеграцию в рамках отдельных программ – он призван создать живую и позитивную среду, объединяющую активных ученых и преподавателей.

Для расширения числа участников и направлений образования, а также для повышения академической мобильности преподавателей, ученых, аспирантов и студентов осуществляется привлечение к подготовке кадров в МГСУ ведущих ученых российских и зарубежных научных центров. Это позволяет существенно обогатить перечень и содержание курсов лекций и практикумов по направлению нанотехнологии в строительстве.

По направлению исследований МГСУ выстраивает и развивает сотрудничество с научно-исследовательскими центрами, специализированными институтами, лабораториями как в РФ, так и за рубежом.

Активно развивается сотрудничество с вузами АСВ в области нанотехнологий в части совместных исследований при Центре научных исследований, коммерциализации и трансферта технологий, созданного на базе МГСУ.

Сотрудники МГСУ принимают активное участие в публичных мероприятиях по исследованию наносистем в строительстве. В рамках развития и систематизации исследований в данном направлении в МГСУ проводятся семинары, конференции, круглые столы, по результатам которых публикуются доклады. Доклады участников первого круглого стола позволяют судить об актуальности нанотехнологических исследований в строительной отрасли.

Развитие любой отрасли основывается на формировании научного потенциала в направлении перспективных, «прорывных» исследований. Современные тенденции развития наукоёмких направлений в строительстве дают основание для активного становления нанотехнологических методов исследований.

Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ

Нанотехнологии в строительстве позволяют существенно изменить представления о строительных материалах и технологиях, расширить область их применения, воплотить самые нереальные замыслы архитекторов, реализовать фантастические требования заказчиков, создать уютную, комфортную среду для жизнедеятельности.

Применение нанотехнологий в современном строительстве является основой развития конкурентоспособности предприятия на рубеже завтрашнего дня!

Контактная информация для переписки:

Валерий Иванович Теличенко – 129337, Россия, г. Москва,
Ярославское шоссе, дом 26; телефон/факс: (495) 651-81-85;
E-mail: rector@mgsu.ru

Елена Анатольевна Король – 129337, Россия, г. Москва,
Ярославское шоссе, дом 26; телефон/факс: (495) 781-53-94;
E-mail: korol@mgsu.ru

Михаил Сергеевич Хлыстунов – 129337, Россия, г. Москва,
Ярославское шоссе, дом 26; телефон/факс: (495) 781-53-94;
E-mail: mcx@mgsu.ru

Евгений Николаевич Мухин – 129337, Россия, г. Москва,
Ярославское шоссе, дом 26; телефон: (499) 183-33-83;
факс: (495)781-53-94; E-mail: muhin@mgsu.ru

Уважаемые коллеги!

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

Теличенко В.И., Король Е.А., Хлыстунов М.С. и др. Развитие нанотехнологических методов исследований и подготовка профильных исследователей на базе МГСУ // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 1. С. 15–23. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (дата обращения: _____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Telichenko V.I., Korol E.A., Khlystunov M.S. et al. The development of nano-technology methods and the professional training of researchers at MSUCE. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 1, pp. 15–23. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (Accessed _____). (In Russian).

УДК 691

В.Р. ФАЛИКМАН, действительный член РИА, профессор МГСУ, Россия

V.R. FALIKMAN, a full member of the Russian Engineering Academy, Professor (Moscow State University of Civil Engineering), Russian Federation

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть 1

ABOUT THE USE OF NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS IN CONSTRUCTION

Part 1

Промышленность строительных материалов и строительство, несмотря на их определенно консервативный характер, все чаще сталкиваются с нанотехнологиями, которые называют «индустриальной революцией XXI века». Новые закономерности, методы испытаний и исследований создают большой потенциал для производства высокотехнологичных продуктов и процессов, отличающихся гарантированными показателями надежности, развивают принципы получения современных «суперматериалов» – наноматериалов.

The industry of construction materials and the construction are rather conservative, but nevertheless they are forced to use the nanotechnologies, which are called nowadays the «Industrial revolution of the XXI century». New laws, new test methods, new research methods create a high potential for the production of high-tech processes and products, which have guaranteed reliability parameters, and develop the principles of production of new modern «super-materials» – nanomaterials.

Ключевые слова: строительная отрасль, инновационный цикл, нанотехнологии, фотокатализаторы, нанообъект, нанокomпозиты, нанодисперсные порошки, наносиликаты, нанодобавки, нановолокна, стандартизация, образование.

Key-words: construction industry branch, innovative cycle, nanotechnologies, photo-catalyst nanosample, nanocomposites, nanodispersed powders, nanosilicates, nano-additives, nanofibres, standardization, education.

Строительная отрасль по своей природе заметно отличается от иных областей человеческой деятельности. Общеизвестно, что она скорее пытается использовать разработки и изобретения, созданные в других отраслях науки и промышленности, чем создавать их внутри себя. Частично это обусловлено специфическими характеристиками ее «продукта» – зданий и сооружений, поскольку, помимо очень высокой сложности, этот продукт рассчитан на весьма продолжительный жизненный цикл, в отличие, например, от микроэлектроники, информационных технологий или даже автомобильной промышленности, где обновление происходит значительно быстрее. Исторически строительство отличается очень низким уровнем инвестиций в научно-исследовательские работы (не более 0,2–0,4% от объема продаж при среднем уровне 3,5–4,5% для экономики в целом), что не только затрудняет создание новых технических решений, но и адаптацию уже существующих. И, наконец, очень высокий уровень начальных инвестиций, несомненно, сдерживает развитие наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, если принять во внимание, что в этом секторе представлен в основном мелкий и средний бизнес. Так, например, только 4% строительного рынка «интернациональны», и работа большинства его участников носит весьма локальный характер.

Все это предопределяет желание строительного сообщества максимально сократить инновационный цикл и немедленно получить конкретный результат – новый материал, новую технологию, новое решение, связанное с обеспечением безопасности и охраной окружающей среды.

Несмотря на эти вполне объективные трудности, перечень основных научно-исследовательских работ в области строительных наноматериалов и нанотехнологий, выполняемых в настоящее время в России и за рубежом, достаточно широк и включает:

- высокотехнологичные конструкционные материалы – наноструктурная модификация стали/металлов, керамики/стекла, полимеров, цемента/бетона, композитов через управление производственным процессом или использование наночастиц, нанотрубок и нанодобавок;
- понимание явлений в наномасштабе – наноструктура и их проявления в отношении макросвойств (например, в гидратации, усадке, старении и т.д.) с использованием новых методов;

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

- функциональные тонкие пленки/покрытия, многократно повышающие качества материалов, например, их оптические, тепловые свойства, долговечность, истираемость, сопротивляемость воздействиям, обеспечивающие самоочищаемость, препятствующие нанесению надписей на стенах и т.д.;
- новые многофункциональные материалы и компоненты – изолирующие аэрогели, эффективные фильтры/мембраны и катализаторы, самозалечивающиеся материалы;
- новые датчики, устройства и быстродействующие приборы, обеспечивающие улучшенный контроль состояния конструкций и условий окружающей среды, а также способность самоприведения в действие;
- энергетика для устойчивого развития, обеспечивающая охрану окружающей среды – новые топливные ячейки, энергоэффективное освещение, специальная изоляция и застекление, очистители загрязнений и т.д.

Хорошо известно, что в строительстве использование современных конструкционных материалов обычно ограничивается тем, что увеличение их прочности приводит к снижению пластичности. Данные по нанокompозитам (из которых наиболее изученной на сегодня является нанокерамика) показывают, что 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.

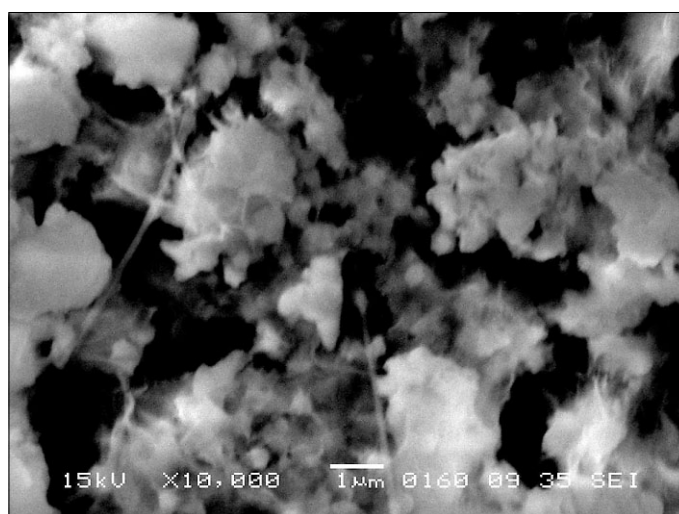
Так, использование наносиликатов с удельной поверхностью не менее $180 \text{ м}^2/\text{г}$, на порядок превышающей удельную поверхность микрокремнезема, и новых диспергаторов-гиперпластификаторов на основе поликарбоксилатов специального молекулярного дизайна обеспечивает достижение кардинально новых прочностей и структур цементного камня, создавая предпосылки дальнейшего развития ультравысокопрочных бетонов с прочностью на сжатие свыше 250 МПа, а также реактивных порошковых 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

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

превращения гидросиликатов кальция $C-S-H$, ответственных за обеспечение долговечности цементного камня, а также определяющих ряд строительно-технических характеристик бетона (например его усадку и ползучесть).

Дополнительный потенциал для развития намного более прочных, более жестких и более долговечных конструкционных материалов предоставляют другие наночастицы: углеродные нанотрубки и нановолокна, которые сегодня производятся в промышленном масштабе большим количеством компаний. На этом пути 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. Это не позволяет полностью использовать их высокий модуль упругости (в 5 раз выше стали) и прочность (в 8 раз выше стали) при очень низкой плотности.



Цементные композиты, модифицированные нанокремнекислотными материалами

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 хи-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

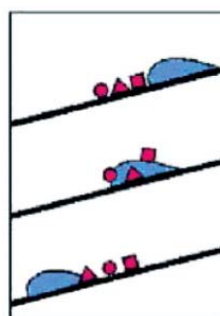
мия прямо встречается с механикой – здесь свойства материала определяются физико-химическими параметрами процесса формирования последнего.

С точки зрения поромеханики, глобулы геля С–S–Н, 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.

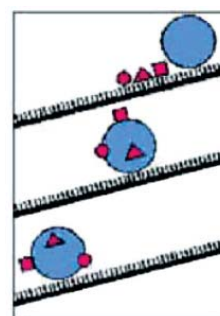
Знаковые изменения произошли в сфере разработки и применения нового поколения самоочищающихся покрытий. Важно, что последние рассматриваются сегодня в общем контексте борьбы за кардинальное снижение затрат и рабочего времени на обслуживание, ремонт и восстановление конструкций сложных объектов. Среди выпускаемых рядом немецких и испанских фирм с конца 90-х годов продуктов, получаемых на основе нанотехнологий, выделяются покрытия для полной гидрофобизации поверхностей, для предотвращения ущерба от граффити, для ликвидации потенциальных источников биоповреждений – плесеней, грибов, мхов, лишайников.



**Специальное покрытие.
Памятник жертвам
Холокоста в Берлине**



**Обычная
загрязненная
поверхность**

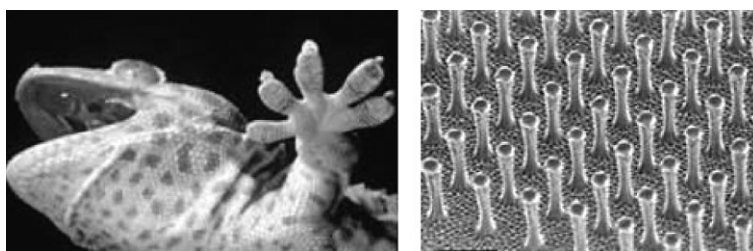


**Защищенная
поверхность
типа «лотос»**

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

Особую группу составляют высокопрочные, высокоэластичные и ударостойкие покрытия, которые одновременно стойки к химическим воздействиям и защищают конструкции от коррозии.

В массовом масштабе освоен выпуск суперпрочных, водостойких, многократно используемых клейких лент для промышленного применения. Их «конструкция» подсмотрена в живой природе и воспроизводит присоски гекконов.



Суперпрочная, водостойкая, многократно используемая клейкая лента для промышленного применения

Природа предоставляет безграничные возможности для совершенствования строительных материалов. Так, например, добавление в бетон с водой затворения определенного вида анаэробных микроорганизмов (типичный нанообъект) позволяет резко снизить проницаемость цементно-песчаной матрицы за счет колюматации пор продуктами их жизнедеятельности и до 25% повысить ее прочность. 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.

Нанотехнологии играют все большую роль в решении многих проблем, связанных с охраной окружающей среды.

Так, интересен уже достаточно богатый опыт применения сенсibilизированного на основе нанотехнологий диоксида титана. Под воздействием ультрафиолета модифицированный TiO_2 работает как фотокатализатор, выделяя атомарный кислород из паров воды или атмосферного кислорода. Выделенного активного кислорода достаточно для окисления и разложения органических загрязнений, дезодорирования помещений, уничтожения бактерий.

Это обуславливает все большее практическое применение фотокатализаторов на основе нано- TiO_2 в самых различных областях, в част-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

ности, для очистки сточных вод и воздуха, в фототерапии, солнечных батареях, противотуманных мероприятиях, самоочищающихся зеркалах и стеклах, электроосветительном оборудовании и, прежде всего, в различных областях строительства, где применение строительных материалов, обладающих фотокаталитическими свойствами, позволяет снизить загрязняющее воздействие окружающей среды, что особенно важно в условиях мегаполисов.

К настоящему времени строительные материалы, содержащие добавки TiO_2 -наночастиц, широко применяются в красках, специальных цементах, строительных растворах, самоочищающихся керамических плитках, дорожных покрытиях, как бетонных, так и битумных, самоочищающихся материалах и конструкциях, воздухоочищающих материалах и конструкциях, антибактериальных материалах и конструкциях, составах и отделочных материалах для наружных и внутренних работ и т. д.

Особенно распространено применение таких светочувствительных катализаторов при формировании самоочищающихся поверхностей за счет недавно открытого явления супергидрофильности, что позволяет поддерживать эстетический вид построенных объектов неизменным в течение продолжительного времени.

Первое применение цементсодержащих фотокаталитических материалов с самоочищающимися свойствами относится к 1996 г., когда фирма Italcementi приняла участие в строительстве церкви Dives in Misericordia в Риме (завершено в 2003 году). Этот проект предполагал возведение сложной конструкции из трех огромных белых парусов, собираемых из сборного железобетона. Такое символическое и высокопрестижное здание потребовало использования уникального по своим свойствам бетона, который, кроме высокой прочности и долговечности, должен был неограниченно долго сохранять белый цвет благодаря самоочищающимся свойствам поверхности.



Самоочищающийся бетон. Церковь Dives in Misericordia в Риме

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

Известно, что главная причина окрашивания цементных материалов, представляющих собой пористое тело, состоит в аккумуляции окрашенных органических соединений в поверхностных слоях материалов. Цементные композиты с наночастицами TiO_2 сохраняют свои эстетические характеристики, особенно цвет, в течение длительного времени даже под воздействием агрессивного городского окружения.

После завершения строительства церкви в Риме фотокаталитические цементы (Bianco TX Millennium) были использованы в других престижных европейских архитектурных проектах: в Париже (Франция) Café de la Musique (завершено в 2003 г.), в Монте-Карло (Монако) Hotel de Police в Бордо, Saint John Court, в городе Мортара (Италия) – школы (1999 г.), а также в Бельгии. Кроме того, были разработаны составы цементных красок, содержащие фотокатализаторы. Такие краски применены в Италии при сооружении ряда жилых и общественных зданий, строительство которых закончено в конце прошлого десятилетия.



Café de la Musique в Париже, Франция

Цементные материалы, содержащие TiO_2 , интересны не только из-за своих свойств самоочищения. Проводимые исследования показывают, что такие материалы имеют хороший потенциал при контроле городского загрязнения. Среди загрязнителей, которые могут быть уничтожены фотокаталитической системой TiO_2 /цемент, можно особо выделить NO_x , SO_x , NH_3 , CO , летучие органические углеводороды, такие как бензол и толуол, органические хлориды, альдегиды и конденсированные ароматические соединения.

Способность фотокатализаторов на основе TiO_2 в цементных материалах понижать уровень городских загрязнений вследствие их разложения под действием света была многократно доказана как в лабораторных, так и в полевых условиях, а также при имитации городских условий с повышенной степенью загрязнения (проект «Canyon Street»).

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

В этой связи крайне важна разработка европейского проекта PICADA (Photocatalytic Innovative Coverings Applications for De-pollution Assessment), в рамках которого определяется стратегия, направленная на снижение загрязнения окружающей среды за счет использования строительных материалов, содержащих фотокатализаторы на основе наночастиц TiO_2 ,

Уже упомянутая выше итальянская компания Italcementi несколько лет назад начала продажу цемента с фотокаталитической активностью, который способен активно поглощать выхлопные газы автомобилей. Этот цемент, получивший название TX Active[®], способен сорбировать до 40% вредных газов, содержащихся в воздухе.

Напомним, что главные загрязнители, выделяемые транспортными средствами, представляют собой оксид углерода (CO), окислы азота (NO_x) и летучие органические соединения (VOCs). Эти вредные вещества оказывают весьма отрицательное влияние на качество городского воздуха. Кроме того, фотохимические реакции, возникающие при действии солнечного света на NO_2 и VOCs, приводят к образованию озона, опасного и «долгоживущего» загрязнителя, а также смога – пелены желтого или коричневого цвета, которая висит в воздухе, особенно летом, при высоких температурах. Кислотный дождь – еще один загрязнитель, который связан с эмиссией NO_x транспортными средствами, причем эти газы в воздухе превращаются в ионы NO_3^- . В конечном итоге, на город выпадает азотная кислота (иногда, с примесями серной кислоты, образующейся из оксидов серы – попутных продуктов горения сернистых нефтепродуктов и газа) с вредными последствиями для строительных материалов, растительного и животного мира и, конечно, населения мегаполисов. Образование озона и смога из NO_x и VOCs является относительно медленным процессом, который может занимать несколько часов. Понятно, что уменьшение содержания NO_x в городе за счет фотокатализа может эффективно тормозить этот процесс.

Цемент представляет собой подходящий материал для использования в качестве матрицы в комбинации с TiO_2 , так как некоторые компоненты цемента, например, ионы Ca^{2+} , способны связывать полупродукты и конечные продукты, возникающие при фоторазложении NO_x на TiO_2 поверхности.

Идеальными местами для применения фотокаталитических цементсодержащих материалов являются оживленные улицы, перекрестки и площади, где могут стартовать, останавливаться и ускоряться ав-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

томобили, парковки, узкие проезды (множество пробок и ускорений), бензозаправки, места частых дорожных происшествий.

Особенно критичными являются бензозаправки, где в процессе испарения топлива образуется много VOCs. Комбинация VOCs и NO_x особо токсична и опасна для окружающей среды. Например, известно, что реакции, приводящие к превращению углеводородов в альдегиды, могут предшествовать реакциям с окислом азота. В итоге образуются агрессивные соединения, такие, как нитрат пироксиацетила (RCOOONO_2).

В Японии, Италии, Франции, Бельгии и Голландии, были проведены многочисленные исследования бетона, приготовленного с применением нанокатализаторов. Такая натурная апробация проходила, например, у шоссе близ Милана, где интенсивность дорожного движения составляет 1200 транспортных единиц в час. Испытания показали, что в безветренную погоду новый материал способен поглощать до 65% диоксида азота и монооксида углерода. Установлено также, что в солнечный летний день при скорости ветра 0,7 м/с поверхностью покрытия (около 6000 м²) поглощалось до 50% оксидов азота. При этом фотокаталитическая активность покрытия сохранялась и через год после его укладки. Результаты проверки были подтверждены Национальным исследовательским советом. Этот бетон уже использован при постройке некоторых крупных объектов, таких, как новая штаб-квартира компании Air France в парижском аэропорту имени Шарля де Голля.

В Северной Италии около коммерческих зон и резиденций было построено несколько «фотокаталитических» бетонных мостовых. В центре города Бергамо (Италия), с использованием защитных бетонных плит (12000 м²) была недавно (сентябрь 2006 года) реконструирована улица с интенсивным транспортным движением. Мониторинг загрязнений показал, что подобные материалы в зимних условиях снизили содержание NO_x на 40%.

Оценка общей площади фотокаталитически активных поверхностей, реализованных в Италии с цементсодержащими материалами, только в 2006 г. составила примерно 400000 м², в т.ч. планарных покрытий: дорожные одежды, промышленные полы, поверхностные слои износа и т.д. – около 200000 м².

Фотокаталитические материалы были широко использованы на объектах строительства в Фулда (Германия, 2006) и в Антверпене (Бельгия, 2005). Еще одно наглядное место применения фотокатализа – станция метро «Porte de Vanves», Париж, Франция.

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 1

В Японии фотокаталитические цементные материалы широко используются в аэропортах (например, в конструкциях аэропорта Ханеда) для контроля содержания вредных загрязнений в воздухе.

Сегодня Российской инженерной академией по заказу Правительства Москвы реализуется проект «Разработка составов, технологии изготовления экологически чистых отделочных материалов (плиты, покрытия, штукатурки) на основе гипсоцементных смесей, содержащих адсорбционно-каталитические наноконпоненты, исследование их строительно-технических свойств и разработка нормативно-технической документации на их применение», результатом которого должно стать создание составов и отделочных материалов для наружных и внутренних работ на основе цементных матриц, модифицированных фотокаталитическим диоксидом титана (гипсоцементных, цементно-известковых смесей, полимерцементных растворов и др.), улучшающих экологическую обстановку в зданиях, помещениях, на подземных автостоянках и в автомобильных туннелях, способствующих снижению содержания вредных компонентов окружающей среды, в т.ч. возникающих из-за задымления и загазованности атмосферы. Выпуск опытных образцов составов и отделочных материалов будет организован на предприятиях компании «МС Vauchemie – Russia». Опытное применение результатов разработки будет осуществляться, начиная с 2010 года, на объектах жилищного строительства и в многофункциональных зданиях, возводимых организациями, входящими в состав Комплекса архитектуры, развития и реконструкции города Москвы, а также при строительстве специальных сооружений (тоннели, коллекторы).

Контактная информация для переписки:
e-mail: falikman@online.ru

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

УДК 69

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ, академик-секретарь РИА, заслуженный деятель науки и техники, лауреат Премии Правительства РФ, доктор технических наук, профессор, Россия

I.F. GONCHAREVICH, the Secretary-academician of the Russian Engineering Academy, the Honoured Scientist, the RF Government prize-winner, Ph. D. (engineering), Professor, Russian Federation

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ФЕНОМЕНОЛОГИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (Использование импульсных режимов для повышения эффективности нанотехнологий)

TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF PHENOMENOLOGY OF THE NANO-TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS (The pulse operation modes improve the efficiency of nano-technologies)

Рассматриваются новые подходы к получению высококачественных строительных материалов с использованием нанотехнологий, эффективность которых зависит от применения в традиционном нанопроцессе внешних циклических воздействий разной природы.

The author considers some new approaches to the process of production of high-quality construction materials with the use of nano-technologies, the efficiency of which depends on both the traditional nano-processes and the external cyclic effects.

Ключевые слова: нанотехнологии, строительные материалы и изделия, циклические воздействия, вибротехнологии, нанопроцесс, виброимпульсные технологии, механореологический модуль.

Key-words: nano-technologies, construction materials and wares, cyclic effects, vibro-technologies, nano-process, vibro-pulse-technologies, mechanics-and-rheology module.

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

В статье президента РИА Б.В. Гусева [1] на основе обобщения материалов VII Международного форума «Перспективные задачи инженерной науки» показано, что одним из приоритетных направлений радикального развития строительной промышленности является создание новых строительных материалов с высокими эксплуатационными свойствами. В решении этой задачи, наряду с традиционными высококачественными материалами, ведущую роль могут сыграть принципиально новые материалы, созданные методами нанотехнологий.

Достижения нанотехнологий в области разработки материалов для строительной промышленности достаточно хорошо известны специалистам. В нашей стране в области нанотехнологий давно ведутся работы в металлургической промышленности.

Наиболее показательным примером промышленного использования продукции нанотехнологий в строительстве является применение стальной арматуры с изменённой наноструктурой (производится в США). Эта сталь по своим свойствам близка нержавеющей стали, но намного дешевле. Арматурная сталь, в отличие от обычной углеродистой, имеет слоистую структуру, вследствие чего резко улучшаются её механические свойства (прочность, податливость и сопротивление усталости) по сравнению с другими известными высокопрочными сталями. Такие свойства материала позволяют значительно увеличить срок его службы в коррозионных средах и снизить общую стоимость строительства.

В настоящей статье рассмотрим новые подходы к получению высококачественных строительных материалов методами нанотехнологий, эффективность которых зависит от применения в традиционном нанопроцессе внешних циклических воздействий разной природы.

Экспериментально исследовано воздействие высокочастотного электрического поля на синтез титаната свинца, цирконата свинца, пьезоэлектрического твердого раствора титаната-цирконата свинца, сверхпроводящих фаз, клинкерных минералов, на термическое разложение твердых тел. Полученные результаты показывают, что ВЧ-поле оказывает существенное влияние на кинетику твердофазных реакций. Так, при взаимодействии оксидов свинца и титана одинаковая степень синтеза достигается при термическом нагреве в 600°C в течение 1 часа, а при воздействии ВЧ-поля на смесь, нагретую только до 300°C, в течение всего 20 мин. [2].

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

Проведенными исследованиями установлено, что образование однородной мелкокристаллической микроструктуры керамики ВК95-1 при воздействии ВЧ-поля при спекании обеспечивает повышение ее механической прочности и плотности. Так, прочность образцов при статическом изгибе, прошедших обработку ВЧ-полем, повышается с 360 до 390 МПа, а плотность керамики – с 3670 до 3750 кг/м³.

Авторы проведенной работы отмечают также высокую эффективность воздействия на бетоны и пенобетоны СВЧ-излучения, преобразованного в продольные электромагнитные волны (ПЭВ). Проведенные эксперименты показывают, что при воздействии ПЭВ на пенобетоны прочность на сжатие 28-суточных образцов увеличивалась в 1,35 раза при импульсном облучении и снижалась в 1,8 раза при непрерывном. При этом форма распределения прочности при сжатии соответствовала форме распределения поглощенной энергии ПЭВ по глубине облучаемого пенобетона. По оценке авторов проведенных исследований воздействие импульсными оптимально подобранными по режиму модулированными ПЭВ открывает перспективы возможного повышения прочности бетона в два и более раз без использования химических добавок.

В имеющихся публикациях, касающихся различных модификаций нанотехнологических процессов, достаточно много подобных сообщений, смысл которых сводится к тому, что периодические воздействия (гармонические, полигармонические или импульсные) на обрабатываемую среду в ряде случаев оказываются более эффективными, чем равномерные.

Эти же закономерности действуют и в традиционных вибротехнологиях [3–7]. Исходя из изложенного, можно предположить, что методы вибрационной техники, базирующиеся на фундаментальных физических законах, могут оказаться весьма продуктивными и при использовании в нанотехнологиях.

Приведенные выше краткие сведения об успешном использовании принципов действия циклических систем в нанотехнологиях дают основание считать, что передача некоторой информации, имеющейся в области традиционных вибрационных технологий, может оказаться востребованной специалистами новейших технологий. Однако при этом следует иметь в виду, что в традиционных вибрационных и виброимпульсных технологиях применяются механические колебания, а в нанотехнологиях пульсировать должны рабочие воздействия на обрабатываемую среду, используемые в данной реализуемой технологии. За-

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

кономерности пульсирующих воздействий будут сохраняться и в этом случае.

Методы феноменологического представления вибрационных технологических процессов стройиндустрии достаточно подробно разработаны. Используя существующие подходы и опираясь на законы, действующие на наноуровне, могут быть разработаны феноменологии конкретных нанотехнологических процессов. Следует также отметить, что в сфере нанотехнологий с помощью современной аппаратуры можно провести высокоточную идентификацию разработанных феноменологических моделей. Так, например, переход феноменологического анализа на нанометрический уровень дал принципиально новые возможности поромеханического изучения цементных систем (глобулы геля С-5, включая внутриглобулярную и межглобулярную пористость). Под термином поромеханика обычно понимают изучение пористых материалов, на механическое поведение которых значительное влияние оказывает поровая жидкость.

Закономерности функционирования вибрационных машин для объёмной технологической обработки дисперсных сред определяются не геометрическими параметрами механизма, а совокупностью всех действующих сил – привода и нагрузки. Система «вибромашина–привод–нагрузка» характеризуется сильными связями и взаимодействиями между составляющими её элементами и по существу представляет собой единый органический комплекс, функционирующий по общим законам. При динамических исследованиях исключение из рассмотрения или недостаточно корректное описание хотя бы одного из элементов системы приводит к искажению физики действительного явления. Одним из основных и в то же время наиболее сложных для корректного описания элементов системы является технологическая нагрузка. Сегодня эффективному решению проблемы физически достоверного учёта влияния нагрузки на режим работы технологической виброустановки может помочь использование феноменологических моделей наносред, идентифицированных современными методами натуре.

Имеющийся экспериментальный и опытный материал, накопленный в области нанотехнологий, может быть использован для идентификации и определения параметров механореологических моделей дисперсных сред, подвергающихся объёмной вибрационной обработке.

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

Наиболее достоверно идентификацию моделей можно производить путем прямого сопоставления аналогичных характеристик исследуемого технологического процесса, получаемых во время натуральных и математических экспериментов. Этот метод особенно эффективен в том случае, когда экспериментальный стенд оборудован современной аппаратурой для регистрации реологических характеристик дисперсной среды и её напряженно-деформированного состояния, аналого-цифровым преобразователем для передачи регистрируемых сигналов с датчиков непосредственно на компьютер, оснащенный программным обеспечением для проведения соответствующего математического эксперимента. В этом случае идентичность модели натуре может непрерывно контролироваться в ходе всего процесса экспериментально-теоретических исследований по значительному числу параметров: классическим и вибрационным реологическим характеристикам, статическим и динамическим параметрам напряженно-деформированного состояния, энергетическим показателям и др.

Суть метода идентификации по экспериментальным данным сводится к тому, что определенные методом динамических испытаний характеристики процесса представляются как многозначные функции (например перемещения и скорости рабочего органа, деформации и скорости деформации среды или совместно обоих параметров), и их осреднённые значения сопоставляются затем с расчётными характеристиками соответствующего технологического процесса. На изложенных выше принципах в среде MATHCAD и MATLAB сформирован программный продукт идентификации феноменологических моделей дисперсных сред.

При разработке феноменологии вибрационной объёмной обработки дисперсных наносред были учтены некоторые важные особенности рассматриваемого процесса, не нашедшие отражения в традиционных подходах.

Процессы объёмной вибрационной обработки дисперсных сред протекают в зоне вибрационных полей, ускорения которых превышают, особенно в современных вибрационных установках, ускорения силы тяжести. В связи с этим обычно используемые классические реологические модели дисперсных систем дополнены элементами массы, воплощающими свойство инертности и позволяющими воспроизводить инерционные нагрузки, которые являются преобладающими в вибрационных технологиях. Разработка инерционной реологической

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

модели дисперсной среды позволила дать теоретическое обоснование резонансным технологическим процессам обработки дисперсных сред и создать методы проектирования резонансных технологических режимов.

Экспериментально выявлены резонансные режимы деформации дисперсных сред в процессе их вибрационной объёмной обработки. В то же время известно, что резонансные режимы могут реализоваться только в системах, обладающих, наряду с упругостью, инерционными свойствами (резонансные режимы колебаний устанавливаются при выполнении условия равенства восстанавливающих сил упругих элементов и инерционных сил элементов массы). Поэтому только реологические модели дисперсных сред, содержащие в своей структуре инерционные элементы (массы), могут быть использованы для отыскания параметров наиболее эффективных в технологическом отношении резонансных режимов вибрационной объёмной обработки. Определение зарезонансных режимов обработки с использованием реологических моделей, не содержащих в своей структуре инерционных элементов (масс), также не может производиться без грубых ошибок, так как характер этих режимов определяется преимущественно инерционной составляющей обрабатываемой среды (вклад сил инерции преобладает над вкладом всех прочих действующих в системе сил).

Обрабатываемые вибрацией дисперсные среды являются объёмными объектами, в которых протекают сложные, взаимодействующие между собой пространственные деформации среды и циркуляционные движения её частиц. В связи с этим при проведении теоретических исследований, не нарушая физической достоверности реальных процессов вибрационной обработки дисперсных сред, нельзя ограничиваться линейными моделями. Следует также принимать во внимание то, что при линейном подходе нельзя корректно определить такой важнейший показатель многих технологических процессов, как степень уплотнения обрабатываемой среды, так как этот показатель по определению является объёмным.

Реальные технологические процессы объёмной вибрационной обработки дисперсных сред характеризуются периодическими переходами от одного напряженно-деформированного состояния к другому, причём моменты этих переходов формируются самим ходом процесса, они не известны заранее и при проведении реологических исследований не могут устанавливаться извне и произвольно.

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

Другой не менее сложной проблемой является необходимость учёта скачкообразного изменения характеристик структурированных дисперсных систем в моменты разрушения структуры под воздействием вибрационных импульсов или восстановления её при снятии вибрационных воздействий. Причём моменты этих структурных переходов также заранее не известны и формируются самим ходом процесса объёмной технологической обработки в вибрационном поле.

В практике использования особо интенсивных режимов работы вибрационных установок для обработки дисперсных сред могут происходить и более радикальные скачкообразные изменения технологического процесса. Обрабатываемая среда может периодически терять контакт с рабочим органом виброустановки. С момента потери контакта система «технологическая среда–вибрирующий рабочий орган» распадается на две независимые подсистемы – «технологическая среда» и «вибрирующий рабочий орган», движущиеся каждая по своим законам. Обрабатываемая среда подвергается уже не деформациям, а совершает механические движения – свободное перемещение в атмосфере, а рабочий орган – колебания без технологической нагрузки. Общими у них остаются только начальные условия независимых движений. Спустя некоторое время эти две самостоятельные системы вновь консолидируются в единую, но их объединение происходит уже при различных начальных условиях, как у падающей дисперсной среды, так и у вибрирующего рабочего органа. Несоответствие начальных условий в момент объединения подсистем приводит к формированию некоторого промежуточного ударного процесса выравнивания и приведения в соответствие режимов их движения. Таким образом, в этих условиях формируется уже не вибрационный, а виброударный режим объёмной обработки. В таких режимах технологический процесс не может быть описан только реологическими уравнениями.

Корректная феноменологическая модель общего случая объёмной вибрационной обработки дисперсной среды должна воспроизводить не только деформационные процессы, но и описывать её механические движения. Следовательно модель должна быть механореологической. Для обеспечения правильного функционирования и всестороннего описания механореологических аспектов поведения дисперсной среды в процессе вибрационной обработки сформированы логические условия (алгоритм управления решением системы уравнений, описывающих реальный технологический процесс) преобразования её структуры и

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

перехода из реологической конфигурации в механическую и наоборот.

Кроме сил сухого и вязкого трения о рабочий орган виброустановки, в разработанной феноменологии учтены, в числе прочих внешних сопротивлений, действующих на дисперсную среду в процессе её вибрационной обработки, силы адгезии (прилипания), аэродинамические и аэростатические сопротивления.

Разработан универсальный самоконфигурирующийся механореологический модуль пространственной многомассной упруго-вязко-пластично-инерционной модели слоя дисперсной среды и сформирована логическая система, отслеживающая ход технологического процесса и адекватно конфигурирующая структуру и параметры используемых механореологических модулей. Путём наложения или стыковки универсальных механореологических модулей могут формироваться разветвлённые феноменологические модели любой конфигурации и сложности реально осуществляющихся в производстве технологических процессов вибрационной объёмной обработки дисперсных сред.

Модуль самоконфигурирующейся пространственной феноменологической модели инерционной упруго-вязко-пластичной дисперсной среды характеризуется следующими параметрами:

$k_{1x}, k_{1y}, k_{1z}, k_x, k_y, k_z$ – коэффициенты упругих сопротивлений;

c_x, c_y, c_z – коэффициенты вязких сопротивлений;

f_x, f_y, f_z – пределы пластического деформирования;

k_{nx}, k_{ny}, k_{nz} – коэффициенты пластического деформирования;

m, m_1 – инерционные коэффициенты (массы);

i_{yx}, i_{yz} – коэффициенты взаимодействия напряжений по главным осям;

μ_{yx}, μ_{yz} – коэффициенты сухого трения по плоскостям yx, yz .

Информацию о модуле следует дополнить параметрами, характеризующими исследуемый технологический процесс.

Сопровождающий компьютерный программный продукт выдает полную текущую и интегральную информацию о ходе технологического процесса в табличной и графической интерпретации.

В результате проведения математического эксперимента на РС с использованием феноменологической модели дисперсной среды получена следующая информация.

Кинематические и динамические характеристики:

$\delta(t)_x, \delta(t)_y, \delta(t)_z, x(t), y(t), z(t)$ – деформации и перемещения;

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

$\delta(t)_x, \delta(t)_y, \delta(t)_z, x'(t), y'(t), z'(t)$ – скорости деформаций и перемещений;

$\delta''(t)_x, \delta''(t)_y, \delta''(t)_z, x''(t), y''(t), z''(t)$ – ускорения деформаций и перемещений.

Силовые характеристики:

$F_{ex}, F_{ey}, F_{ez}, F_{vx}, F_{vy}, F_{vz}, F_{evx}, F_{evy}, F_{evz}, F_{nx}, F_{ny}, F_{nz}, F_{nx}^*, F_{ny}^*, F_{nz}^*$ – напряжения: упругие, вязкие, упруго-вязкие и пластические без упрочнения и с упрочнением;

$N_x, N_y, N_z, F_x, F_y, F_z$ – нормальные и касательные силы, действующие на рабочий орган технологической машины.

Энергетические характеристики:

$W_{ex}, W_{ey}, W_{ez}, W_{vx}, W_{vy}, W_{vz}, W_{nx}, W_{ny}, W_{nz}$ – затраты энергии на упругие, вязкие и пластические деформации обрабатываемой среды и ее механические перемещения;

W_n, W_k – циркуляции потенциальной и кинетической энергии в обрабатываемой среде в процессе её периодических (вибрационных) деформаций;

W_{fx}, W_{fy}, W_{fz} – затраты энергии на трение о рабочий орган и на преодоление прочих сопротивлений;

W_Σ – суммарные затраты энергии на ведение технологического процесса.

Специальные характеристики (определяются для конкретного нанотехнологического процесса):

- полные реологические характеристики обрабатываемой среды в условиях наложения вибрационных воздействий;
- амплитудно-частотные характеристики;
- частотно-силовые характеристики;
- фазовые характеристики по всем параметрам технологического процесса;
- фазовые портреты (деформация–скорость, деформация–ускорение деформации–скорость деформаций, деформация–напряжение, деформация–затраты энергии на деформацию и т.д.);
- спектральный состав, дисперсия, математическое ожидание и проч.

Полученная информация (всего свыше 30 характеристик) позволяет квалифицированно проводить оптимизацию технологических режимов переработки высоконаполненных структурированных Т-Ж-Г дисперсных систем с высокоэффективным использованием вибрационных

И.Ф. ГОНЧАРЕВИЧ К вопросу о разработке феноменологии нанотехнологий производства строительных материалов

воздействий. Данная математическая модель при небольших доработках легко адаптируется для исследования специальных задач вибрационной технологии.

Значительные информативные возможности приведенной феноменологической модели дисперсной среды и сопровождающего программного продукта позволяют использовать их в качестве базового объекта вычислительной системы оптимального многокритериального проектирования технологических процессов вибрационной объёмной обработки дисперсных сред.

Библиографический список:

1. Гусев Б.В. Создание новых высокоэффективных материалов – одна из основных задач инженерной науки // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. №2.

2. Родионов Б.Н. Достижения нанотехнологий в производстве строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. №3.

3. Фаликман В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве сегодня и завтра // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. №1.

4. Гусев Б.В., Гончаревич И.Ф. Разработка и идентификация объёмных инерционных упруго-вязко-пластичных феноменологических моделей для исследования вибрационных технологических процессов переработки дисперсных сред при производстве композитов и специальных сплавов / V Московская международная конференция «Теория и практика технологии производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов». М., 2008.

5. Gusev B.V., Goncharevich I.F. Vibration and wave technologies. Aims of Future of Engineering. Proceedings, Hong Kong, 2005.

6. Kuklev F.V., Aizin Yu., Goncharevich I.F. et al. Computer methods of estimation of efficient process conditions of the CCM'S casting mold / The 6th European Conference of Continuous Casting. Rechione. Italy, 2008.

7. Еланский Г.Н., Гончаревич И.Ф. Оптимизация режимов работы кристаллизаторов МНЛЗ // Сталь. 2007. №5.

Контактная информация для переписки:

e-mail: info@nanobuild.ru

УДК 691



Е.М. ЧЕРНЫШОВ, академик РААСН, доктор технических наук, профессор (Воронежский государственный архитектурно-строительный университет) Россия

E.M. CHERNYSHOV, Dr. Sc. (engineering), Professor, a full member of the RAAC (Voronezh State University of Architecture and Construction) Russian Federation

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ: ОБЩИЕ СУЖДЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ*

THE NANO-TECHNOLOGY STUDIES OF CONSTRUCTION COMPOSITES: GENERAL CONSIDERATIONS, MAIN DIRECTIONS AND RESULTS*

Рассматриваются проблемы развития материаловедческих и технологических исследований строительных композитов в условиях формирования наноконцепции и нанопарадигмы в современных фундаментально-прикладных разработках.

The author considers the problems of development of the research works with construction composites with respect to the material science and the technology; the aforesaid research works are carried out in the process of formation of the nano-concept and the nano-paradigm for modern fundamental and applied developments.

Ключевые слова: наноконцепция, нанопарадигма, идентификация структуры, принципы нанотехнологии строительных композитов, механика свойств.

Key-words: nano-concept, nano-paradigm, structure identification, principles of nano-technology of construction composites, mechanics of properties.

* См. также: 1. Чернышов Е.М. Наноконцепция в проблемах синтеза и конструирования структур строительных композитов // Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов: Сб. докладов участников круглого стола. М.: МГСУ, 2007. С.18–32.

2. Чернышов Е.М. Приложения нанохимии в технологии твердофазных строительных материалов: научно-инженерная проблема, направления и примеры реализации / Е.М. Чернышов, О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких и др. // Строительные материалы. 2008. №2. – С. 32–36.

Введение

Созданием научного интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» открывается новая важная страница в том процессе, который связан с актуальным нанотехнологическим этапом научно-технического развития строительства. Журнал формируется на базе текущих исследований и разработок в области нанотехнологий в строительстве. В связи с этим полезным видится обсуждение концепций, обобщений методологических разработок, теоретических и экспериментальных результатов исследований специалистов, причастных к нанотехнологическим исследованиям в строительстве.

В данной публикации ставятся на обсуждение принципиально важные общие вопросы, одновременно с этим предлагается обзор разработок научного коллектива Воронежского государственного архитектурно-строительного университета по проблемам нанотехнологий в строительстве. Эти разработки прошли обсуждение на научных конференциях по данной тематике и опубликованы в разных изданиях. Надеюсь, что накопленный опыт исследований по проблемам нанотехнологии в строительстве будет представлять интерес для специалистов.

1. Наноконцепция и нанопарадигма в приложении к проблемам строительного материаловедения и технологии

В последнее двадцатилетие мы являемся свидетелями и участниками утверждения новой парадигмы в материаловедении, определяемой развитием наноконцепции в науке, технологии и технике. Современное строительное материаловедение, находясь в рамках действия предшествующих парадигм фундаментальности его теоретического и прикладного научного знания, также начинает все более активно опираться на наноконцепцию и наноподходы при решении задач синтеза и конструирования структур, при обосновании принципов и разработке приемов технологий композитных материалов. При этом возникают проблемы приложения современной физики и реализации достижений химии (нанохимии), оперирующих с атомным, молекулярным и нанометровым уровнями структурных преобразований вещества, в исследованиях и разработках по технологии твердофазных строительных материалов класса неметаллических неорганических систем с аморфной,

Е.М. ЧЕРНЫШОВ Нанотехнологические исследования строительных композитов

поликристаллической и (или) аморфно-поликристаллической структурой омоноличивающей субстанции, с конгломератным типом строения, композитных по составу и включающих наномасштабные элементы как преобладающую основу или же только как определенную часть своей структуры.

Наноконцепция в приложении к проблемам строительного материаловедения и технологий является следствием эволюции научных парадигм фундаментальности научного знания и имеет наследуемую содержательную научную предысторию и информационную базу предшествующих достижений.

Наноконцепция действительно открывает новые возможности научного и прикладного прорыва. Однако вместе с этим необходимо отметить, что эти возможности имеют, в том или ином виде, свои прототипы в осуществленных ранее строительно-технологических исследованиях и решениях. В связи с этим следует сказать, что наряду с актуальностью развития новых направлений исследований в рамках наноконцепции и наноподходов, одновременно есть проблема «инвентаризации» имеющихся материаловедческих и технологических достижений с позиции наноконцепции. Речь идет об их новом осознании, трактовке и развитии, поскольку это может привести к переоценке как бы «заброшенных» или «замыленных» идей и решений и получению принципиально новых эффективных результатов.

В рамках реализации наноконцепции в приложении к проблемам строительного материаловедения и технологий важно обеспечить соединение нового знания и прежнего переосмысленного знания.

В этом контексте целесообразно остановиться на вопросе эволюции фундаментальности материаловедческого и технологического научного знания.

Фундаментальность, основательность научного знания в области строительного материаловедения и технологии развивалась от парадигм, отражающих механизмы и закономерности формирования структур на макромасштабном уровне, в направлении парадигм, обеспечивающих переход к мезо-, микро-, ультрамикро- и, наконец, наномасштабным уровням. В целом же решение инженерных задач синтеза систем твердения и конструирования структур конгломератных строительных материалов нового поколения базируется на комплексном применении всех указанных парадигм, из которых наиболее приоритетной в ее разработке и развитии становится «парадигма 10^{-9} » [1, 2].

Е.М. ЧЕРНЫШОВ Нанотехнологические исследования строительных композитов

В бетоноведении например, в процессе реализации нарождавшихся и утверждавшихся научных парадигм структурообразования последовательно решались следующие задачи: получение плотнейших упаковок крупнозернистых и мелкозернистых заполнителей конгломератных макро- и мезоструктур; формирование структур микробетона, когда цементный камень насыщался микродисперсным наполнителем; оптимизация соотношения аморфной и кристаллической составляющей твердеющего цементного камня; регулирование химико-минералогического, дисперсного и морфологического состава и состояния новообразований; обеспечение самоармирования сростка новообразований; модифицирование структуры цементного камня введением поверхностно-активных веществ, ультрамикродисперсных частиц. При решении этих задач затрагивались и включались в действие все более глубокие механизмы структурообразования, относящиеся к масштабу частиц все меньшего размера; при этом в энергетический баланс процессов формирования структуры вовлекались новые виды сил, соотносимых в их действии с площадью поверхности раздела фаз и поверхностной их энергией. Все это привело к повышению, например, прочности бетона почти на порядок.

Технические достижения строительного материаловедения и технологий, определяемые последовательным становлением парадигм фундаментальности знаний и приложений новых структурных представлений, опирающиеся на согласованное их применение, обеспечивались возможностями новых физических и физико-химических методов анализа вещества и материалов.

Структурные материаловедческие исследования, основанные вначале на методах гранулометрического анализа, петрографии и аналитической химии, сегодня могут опираться на методы, обеспечивающие, в том числе, визуализацию структурных элементов твердофазных материалов вплоть до наноразмерного масштаба. Именно это позволяет осуществлять инструментальную идентификацию, измерение, оценку и прогнозирование влияния, экспериментальное подтверждение возможности и эффективности использования наноразмерных частиц в технологии (в нанотехнологии) строительных материалов.

Следует отметить, что уже к 60–70 гг. прошлого века сложился инструментарий методов (см. таблицу 1), дававших при комплексном, системном их применении достаточно глубокую характеристику явлений структурообразования строительных материалов.

Таблица 1

Инструментарий методов идентификации структуры строительных композитов, сложившийся к 60–70 гг. XX века

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ визуальный анализ макроструктуры; ✓ оптическая микроскопия мезоструктуры; ✓ петрографический анализ микроструктуры, минералогического и морфологического состава; ✓ комплексный химический анализ вещественного состава; ✓ калориметрия для оценки энергетического состояния поверхности твердофазовых структурных составляющих; ✓ дифференциально-термический и термогравиметрический анализ минералогического состава; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ рентгенофазовый анализ минералогического состава; ✓ рентгеноструктурный анализ кристаллохимии минералов; ✓ инфракрасная спектроскопия структурных связей; ✓ электронная растровая микроскопия микро-, субмикро- и наноструктуры, минералогического и морфологического состава; ✓ микротвердометрия субстанции и контактных зон; ✓ порометрия оптическая, гигрометрическая, ртутная; ✓ стереометрия структуры композитов |
|---|---|

Принимая наноконцепцию в качестве приоритета развития современного материаловедческого научно-прикладного знания, важно сформировать понятийный аппарат, выработать соответствующую терминологию, обеспечить однозначность толкования понятий и терминов.

В этом отношении требуется, прежде всего, иметь в виду утверждающееся в нанонауке и официально принимаемое содержание терминов «нанотехнология», «наноматериалы», «наносистемная техника», «наоиндустрия» [3, 4].

Основанием для терминологических предпочтений должно являться отражение в содержании терминов сущности механизмов, включаемых в действие при реализации наноподходов и определяемых наноразмерным масштабом частиц в структуре получаемых материалов.

В связи с этим под термином нанотехнология следует понимать создание (получение) материалов, структура которых на нанометровом масштабном их уровне, то есть в диапазоне размеров атомов, молекул и надмолекулярных образований, регулируется целенаправленно. Нанотехнология предполагает как непосредственную, так и опосредованную работу с такими объектами и создание из них более крупных по масшта-

бу структур, обладающих новой организацией и отличающейся новыми функциональными техническими возможностями.

Главным в рассмотренном определении принимается то, что в нанотехнологиях в действие включаются механизмы и эффекты структурообразования, предопределяемые наноразмерным масштабом частиц как структурных элементов получаемых материалов. Именно это является основанием и дает право для отнесения тех или иных технологических решений к категории «нано».

2. Идентификация строительных композитов как объектов, наделенных признаками наноструктурности

Наноконцепция в приложении к проблемам строительного материаловедения и технологий отвечает «остроте момента» осознания значения фундаментальных направлений современной науки в технологических и материаловедческих исследованиях строительных композитов. С этих позиций идентификация и квалификация элементов структуры строительных материалов, как классических, так и материалов нового поколения, может существенным образом изменить подходы к управлению процессами синтеза их структур, скорректировать и даже, как следствие этого, повлиять на уровень конструкционных и функциональных характеристик.

Твердофазные строительные материалы как многоуровневые по своему строению системы включают диапазон разноразмерных структурных элементов от деци- и санти- до нанометрового масштаба. Последнее дает основание говорить о том, что современная наноконцепция материаловедения может иметь прямое отношение к проблематике структурного строительного материаловедения и технологии.

Это и объяснимо, поскольку с размерно-геометрическим признаком, являющимся, кстати, удобным экспресс-фиксируемым визуальным признаком, связаны другие идентификационные характеристики структурных элементов – удельная площадь поверхности, удельная поверхностная энергия, число частиц и число контактов частиц в единице их объема, квантово-размерные эффекты и состояния, предопределяющие проявление ими индивидуальных и коллективных механических, физических и химических свойств в процессах структурообразования, эффектах модифицирования структуры и в «итоговой» структуре материала.

Наноструктурные составляющие являются объективным фактом особенностей строения строительных материалов. Применительно к бе-

тонам, например, можно говорить о двух или даже трех масштабных уровнях структуры, соотносимых с наноразмерным диапазоном (таблица 2). Сегодня в рамках реализации наноконцепции и наноподходов

Таблица 2

Размерные характеристики элементов твердой фазы и порового пространства по масштабным уровням структуры конгломератных строительных композитов

| Масштабный уровень структуры | Система | Элементы структуры и размерные характеристики | | | | Форма и энергия связи воды со структурой |
|------------------------------|--|---|---|-----------------------------------|--------------------------|--|
| | | твёрдофазовый элемент структуры | размер | поры | размер | |
| Макрокомпозиционный | Бетон плотный и макропористый | Зерна заполнителя | $10^{-3} \div 10^{-2}$ м | Макропоры | $10^{-4} \div 10^{-3}$ м | Свободная вода |
| Мезокомпозиционный | Микробетон | Остаточные зерна цемента, других исходных компонентов, зерна микронаполнителя | $10^{-4} \div 10^{-6}$ м | Капиллярные поры | $10^{-7} \div 10^{-4}$ м | Капиллярно-насыщенная вода 0,05÷0,5 кДж/моль |
| Микрокомпозиционный | Цементирующее вещество | Кристаллическая, скрытокристаллическая и аморфная составляющие новообразований | | Поры цементирующего вещества | $10^{-8} \div 10^{-7}$ м | Капиллярно-конденсированная вода 0,5÷40 кДж/моль |
| | | | | | | адсорбционная вода полимолекулярных слоев (l=2,5–8 нм) ≈40 кДж/моль |
| Субмикрокомпозиционный | Совокупность кристаллических, скрытокристаллических и аморфных новообразований | Единичное структурное образование – кристалл, субмикрорекристалл, частица аморфной фазы | $10^{-9} \div (1 \dots 5) \times 10^{-7}$ м | Межкристаллические поры | $10^{-9} \div 10^{-7}$ м | мономолекулярных слоев (l=1-2,5 нм) 40÷80 кДж/моль |
| Нанокомпозиционный | Кристалл, субмикрорекристалл, частица аморфной фазы | Индивидуальная ячейка кристалла | (0,3÷1) $\times 10^{-9}$ м | Межслоевое пространство кристалла | 10^{-10} м | Вода межслоевая – молекулярная 20÷80 кДж/моль |
| | | | | | | Вода кристаллической решетки в виде OH ⁻ групп 400÷600 кДж/моль |

Е.М. ЧЕРНЫШОВ Нанотехнологические исследования строительных композитов

актуальным является исследование условий и расширенное использование возможностей управления структурой на этих уровнях для изменения строительно-технических свойств материалов. Границы таких возможностей можно иллюстрировать, во-первых, идентификационными признаками типичных для цементных и силикатных бетонов морфологических разностей их цементирующего вещества (таблица 3), являющегося продуктом эволюции процессов их образования и преобразования в технологии, а во-вторых, оценочными характеристиками вводимых в структуру бетона включений (таблица 4).

Можно считать, что совокупность морфологических разностей образует своего рода наноконпозиционную систему с контактами различного типа, с меняющимся числом контактов в единице объема, с отличающейся удельной площадью поверхности и удельной поверхностной

Таблица 3

**Пример характеристики морфологических разностей
цементирующего вещества силикатноавтоклавного бетона
(идентификационные признаки)**

| Морфологическая разность | Скрытокристаллическая | Волокнисто-игольчатая | Пластинчато-призматическая |
|---|--|--|--|
| Минералогический состав | высокоосновные гидросиликаты кальция (ГСК) | преимущественно ГСК тоберморитовой группы | портландит и высокоосновные ГСК на начальной стадии автоклавной обработки; тоберморит при большой длительности обработки |
| Размер частиц и кристаллов, нм | до 100–300 | поперечный размер 100–500; длина: поперечный размер $\approx 10:1$ | поперечный размер 800–1300; длина: поперечный размер $\approx 3:1$ |
| Число контактов в единице объема, $1/\text{см}^3$ | 10^7 | 10^6 | 10^4 |
| Тип контактов частиц и кристаллов | контакты примыкания глобуловидных частиц | преимущественно контакты примыкания кристаллов; контакты срастания | контакты примыкания, срастания, прорастания кристаллов |
| Удельная площадь поверхности, $\text{м}^2/\text{г}$ | ≈ 500 | $\approx 100\text{--}200$ | $\approx 30\text{--}50$ |
| Теплота смачивания, Дж/г | $\approx 100\text{--}200$ | $\approx 30\text{--}40$ | $\approx 15\text{--}20$ |
| Средний эффективный радиус пор, нм | 5–7 и менее | $\approx 20\text{--}40$ | $\approx 40\text{--}80$ |

**Оценочные характеристики вводимых в структуру
бетона включений**

| Наименование включений | Размер, м | Удельная площадь поверхности, м ² /кг | Удельная поверхностная энергия, Дж/кг | Число частиц в единице их объема (в 1 м ³) | Число контактов частиц в единице их объема (в 1 м ³) |
|------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| Крупный наполнитель | $5 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-2}$ | До 0,5 | До 0,6 | До $1 \cdot 10^4$ | До $9 \cdot 10^4$ |
| Мелкий наполнитель | $5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-3}$ | До 24 | До 30 | До $5 \cdot 10^6$ | До $4 \cdot 10^7$ |
| Микро-наполнитель | $5 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-4}$ | До 300 | До 400 | До $1 \cdot 10^{12}$ | До $9 \cdot 10^{12}$ |
| Микро-кремнезем | $1 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-7}$ | До 20 000 | До 18 000 | До $6 \cdot 10^{18}$ | До $4 \cdot 10^{19}$ |
| Наноразмерные частицы | $2 \cdot 10^{-9} - 4 \cdot 10^{-8}$ | До 200 000 | До 250 000 | До $2 \cdot 10^{22}$ | До $1 \cdot 10^{23}$ |

энергией, с различным размером пор. Эти различия и отличия для рассматриваемых идентификационных структурных признаков составляют от одного до трех порядков.

Если иметь в виду известное отличие прочности контактов частиц новообразований на шесть порядков, различие упруго-вязко-пластических деформативных характеристик аморфной и кристаллической составляющих цементного камня, различие объемных изменений (усадки, набухания) при обмене жидкофазовой составляющей структуры с эксплуатационной средой, интенсивность взаимодействия материала с водой как функцию структуры его порового пространства, то можно, как раз, прогнозировать весьма широкие границы изменения конструктивных и функциональных свойств при управлении синтезом и конструировании структур традиционных строительных композитов даже без применения каких-либо специальных наноприемов их модифицирования.

Поровое пространство, образуя системное единство с твердой фазой материала, является следствием системы сложения ее элементов и делится, как и твердая фаза, на дискретные структурные составляющие – поры, отличающиеся генезисом, размером, формой. Совокупность пор создает свою непрерывную в объеме тела структуру.

Модифицируя структуру твердой фазы в сторону повышения в ней содержания наноразмерных частиц, мы тем самым изменяем и структуру порового пространства. Естественно, что в соответствии с проис-

ходящей при этом дифференциацией масштабных уровней структуры материала объем порового пространства также «обретает» наноразмерную часть.

В классических цементных и силикатных бетонах такой размер имеют поры цементирующего вещества, межкристаллические поры, межслоевое пространство кристаллов. Высокодисперсные скрытокристаллические новообразования отличаются (см. таблицу 2) наименьшей пористостью и наиболее мелкими по размерам порами с радиусом менее 5–7 нм; в волокнисто-игольчатом, более пористом сростке, состоящем из частиц с их поперечником равным 40–80 нм, поры имеют средний радиус от 20 до 40 нм; сросток из пластинчато-призматических гидросиликатов кальция с поперечником отдельного кристалла до 130 нм характеризуется наибольшей величиной пористости с порами, имеющими средний эффективный радиус 40–80 нм. При модифицировании структуры строительных композитов нового поколения наноземлями (нано- и микрокремнеземом, нанотрубками и т.д.) происходит закономерное изменение пористости в сторону возрастания объема пор с минимальным радиусом [5].

Если полагать, что пора это «частица наоборот», рассматривать ее как объем среды, ограниченный стенками, то в отношении нанопоры, также как в отношении твердой частицы, можно говорить о преобладании в ней доли «поверхностных объемов» в сопоставлении с долей «внутренних объемов». Вследствие этого «полный объем» поры может быть радикально более энергонасыщенным по сравнению с микропорами и, тем более, с макропорами. В соответствии с известными данными о радиусе действия поверхностных сил $r \approx 0,8 \div 2$ нм [6] доля такой энергонасыщенности объема пор в наноинтервале их размеров может составить 100%. Вообще гипотетически можно приписать нанопорам квантомеханические признаки.

3. Принципы и направления нанотехнологии искусственного строительного камня

В постановке новых исследований целесообразно, по нашему мнению, выделять следующие нанотехнологические направления, отражающие возможность использования особых свойств наноразмерных частиц и пор как структурных элементов синтезируемых и конструируемых твердофазовых строительных материалов, которые в этой связи могут квалифицироваться:

Е.М. ЧЕРНЫШОВ Нанотехнологические исследования строительных композитов

1) как класс материалов, в целом или практически в целом состоящих из наномасштабных структурных элементов (назовем их наноструктурными материалами);

2) как класс материалов, включающих наноструктурные элементы в качестве части своей структуры (назовем их материалами с включенными наномасштабными структурными элементами).

Для первого из этих классов, то есть для наноструктурных материалов, выделим направление обеспечения твердофазового состояния материала прямым синтезом образующих весь объем материала наноразмерных структурных его составляющих. Это может достигаться в результате использования химического, механохимического, криохимического, термического, гидротермального, плазмохимического, лазерного и других технологических вариантов и методов синтеза [1, 7, 8].

Примером практической реализации этого направления в технологии материалов могут являться работы О.В. Артамоновой по нанокерамике [9]. Технологически это реализуется: 1) посредством новых методов получения ультрадисперсных порошков (золь-гель процессы, криохимия, плазмохимия и др.) и управления процессами их спекания с сохранением исходной морфологии частиц; 2) использования принципа мартенситного упрочнения для составов керамики, имеющей полиморфные превращения при спекании. Артамоновой О.В. получены нанокерамические композиции, обладающие высокими техническими характеристиками: значениями микротвердости в диапазоне от 70 до 170 кПа, трещиностойкости по микротвердости более 25 МПа/м^{1/2} и прочности при сжатии 700–900 МПа.

Другим решением получения наноструктурных строительных материалов может служить формирование структур компактированного или консолидированного типа из предварительно специально выращенных и затем выделенных в порошковом или суспензированном виде частиц. Получение самих частиц может основываться на использовании золь-гель технологий, когда частицы могут наделяться наперед заданными исходными характеристиками и свойствами по их способностям образовывать ансамбли и монолитные структуры, например, при принудительном компактировании прессованием с проявлением при этом эффекта мгновенного упрочнения прессматериала.

В данном решении достигаемая термодинамическая метастабильность наноразмерных частиц, вследствие этого склонных к агрегированию и кластерообразованию, дополняется действием внешнего фактора

Е.М. ЧЕРНЫШОВ Нанотехнологические исследования строительных композитов

механического давления, обеспечивающего формирование так называемых [10] контактно-конденсационных структур твердения. Примером практической реализации данного подхода в технологии строительных материалов является получение Н.Д. Потамошневой искусственного портландитового камня и композитов на его основе [11].

Для второго из вышеуказанных классов материалов, а именно для материалов с включенными наноразмерными структурными элементами, можно говорить о нанотехнологическом решении, предусматривающем предварительное специальное выращивание наноразмерных частиц с целью введения их в многокомпонентные смеси получаемых композиционных материалов с характерными для них системами твердения омоноличивающей матричной субстанции. С помощью приема введения наноразмерных частиц достигаются эффекты управления структурообразованием, связанные с проявлением частицами роли а) зародышей структурообразования, б) подложки для кристаллизации, в) центров зонирования новообразований в матричной субстанции материала, г) наноармирующего элемента матрицы. Во всех этих случаях существенным моментом является понижение энергетического порога активации процессов синтеза систем твердения и ускорение твердения; другим важным моментом оказывается пространственно-геометрическая модификация структуры, заключающаяся, как отмечалось, в ее зонировании и соответствующем влиянии на характеристики однородности-неоднородности материала [12]; наконец, следует иметь в виду и эффекты дисперсного армирования [13].

Нами развивается направление исследования материалов с включенными наноразмерными структурными элементами. При этом реализуется два подхода. В первом подходе предусматривается введение их извне, для чего наночастицы выращиваются специально или используются природные, а также техногенные частицы; во втором подходе получение структур с включенными наномасштабными элементами связывается с целенаправленным формированием наноструктурных новообразований с наногабаритами «внутри» развития самих процессов синтеза систем твердения материалов.

В рамках первого подхода Д.Н. Коротких, О.В. Артамоновой изучена [14] эффективность использования выращенных по золь-гель технологии частиц кремнезема в качестве модификаторов структуры цементного камня, тонкозернистого (порошкового) и мелкозернистого бетонов. К этому подходу относятся и выполняемые работы по при-

менению специально полученных нанотрубок гидросиликатов магния $Mg_4Si_2O_5(OH)_4$. Условием успешного использования наночастиц кремнезема и нанотрубок гидросиликатов магния (в отличие от фуллеренов) являются родственные цементирующим веществам их кристаллохимические параметры. Именно это определяет возможность «энергетически облегченного» встраивания кремнезема в гидросиликатные структуры, формирования эпитаксиальных контактов на поверхности нанотрубок и появления фибриллярных упрочняющих структурных зон. Результаты исследований кинетики набора прочности цементного камня, модифицированного нанотрубками (содержание – 1% от объема цементного камня), показали, что предел прочности через 28 суток нормального твердения в системе без этого модификатора составляет 50–55 МПа, а в системе с модификатором – 150–170 МПа.

Рассматривая особенности структур с включенными наноразмерными частицами необходимо иметь в виду эффекты самоармирования [15], достигаемые в результате образования двухмерных кристаллов, имеющих наноразмерные габариты сечения и микроразмерные значения длины. Возможности формирования таких кристаллов могут быть заключены в самой морфологии кристаллогидратных соединений цементного камня, например, гидросульфоалюминатных (этtringита и др.), да и тех же гидросиликатмагниевого; вместе с этим они могут быть заключены и в наномодифицировании кристаллогидратов новой фазы с помощью поверхностно-активных веществ, способных адсорбироваться на всей поверхности кристаллов или же избирательно на отдельных гранях зарождающихся кристаллов, блокировать их рост по этим отдельным гранями и, напротив, предопределять их интенсивный рост по направлениям других граней и, в результате, приводить к появлению признака малоразмерности или же одномерной удлиненности кристаллов.

4. Наноструктурность композитов и механика их свойств

Синтезируя и конструируя наноструктурные материалы и материалы с включенными наноразмерными элементами, необходимо иметь в виду особенности их поведения при действии механической нагрузки, при взаимодействии с другими факторами эксплуатационной среды. Эти материалы при их высокой прочности могут быть весьма хрупкими и малотрециностойкими. Они, по данным Г.С. Славчевой и С.Н. Чемодановой [16], обладают и повышенной активностью взаимодействия

с водяным паром и водой, отличаются высокими деформациями набухания и усадки и, самое главное, высокой удельной усадкой, которая возрастает при увеличении содержания наноразмерных частиц и пор в структуре. И это закономерно, поскольку структуры таких материалов отличаются развитой поверхностью раздела фаз, иной механикой пор, предопределяющей более высокий уровень напряженности энергетического поля порового пространства. Все это имеет самое прямое отношение к проблемам обеспечения стойкости, долговечности материалов, надежности и безопасности конструкций из них. Ясно, что развитие наноматериаловедения и нанотехнологии потребует расширения исследований по этим проблемам.

Заключение

Нанопарадигма не должна и не может восприниматься как нечто неожиданное, она есть следствие логического эволюционно-революционного развития научного материаловедческого знания.

Нанопарадигма в строительном материаловедении имеет предысторию, а нанотехнология – прототипы и аналоги, осмысление которых в рамках наноконцепции имеет актуальное значение.

Наноподходы в материаловедении и строительных технологиях должны реализовываться совместно и в согласии с предшествующими парадигмами фундаментального накопленного научного знания.

Реализация наноподходов, приложений физики и нанохимии в строительном материаловедении и строительных технологиях предполагает комплексное и системное привлечение современных методов визуализации и идентификации структур твердофазных состояний.

С позиции наноподходов целесообразно выделять наноструктурные строительные материалы, целиком состоящие из элементов наноразмерного масштаба, и материалы с включенными наноразмерными структурными элементами, занимающими часть его объема.

Представленные в работе направления и принципы нанотехнологии подкреплены примерами их реализации в отношении указанных двух классов строительных материалов.

Библиографический список:

1. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия». 2005. 192 с.
2. Сергеев И.Б. Нанохимия. М.: КДУ. 2006. 336 с.
3. Окрепилов В.В. Стандартизация и метрология в нанотехнологиях. СПб.: Наука, 2008. 260 с.
4. Окрепилов В.В. Словарь терминов и определений. СПб.: Наука, 2008. 210 с.
5. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 4. с.16–20.
6. Дерягин Б.В. Поверхностные силы/ Б.В.Дерягин, Н.В. Чураев, В.М.Муллер. М.: Наука. 1985. 398 с.
7. Суздаев И.П. Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига. 2006. 592 с.
8. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазовых материалов. М.: Изд-во МГУ. Наука. 2006. 400 с.
9. Артамонова О.В. Нанотехнологии в задачах синтеза структур композиционных керамических материалов // Вестник БГТУ. Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». № 9. 2005. С. 11–14.
10. Глуховский В.Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения/ В.Д.Глуховский, Р.Ф. Рунова, С.Е.Максунов. Киев: «Вища школа». 1991. 243 с.
11. Чернышов Е.М. Формирование нано- и микроразмерных кристаллов портландита для компактированных контактно-конденсационных структур искусственного камня/ Е.М. Чернышов, Н.Д. Потамошнев // Вестник ЦРО РААСН. Воронеж – Тверь. 2007. №6. С. 243–249.
12. Чернышов Е.М. Исследования показателей сопротивления строительных композитов механическому разрушению в связи с их структурной неоднородностью/ Е.М. Чернышов, А.И.Макеев, Е.И.Дьяченко // Вестник отдел. строит. наук РААСН.– Москва. 2001. Вып. 4. С. 196–202.
13. Чернышов Е.М. Анализ энергетических характеристик разрушения строительных композиционных материалов с многоуровневым дисперсным армированием/ Е.М. Чернышов, Е.И.Дьяченко, Д.Н. Коротких // Современные проблемы строительного материаловедения: Матер. пятых академ. чтений РААСН. Воронеж. 1999. С. 534–538.
14. Коротких Д.Н. Прочность цементного камня и бетонов на его основе, модифицированных наноразмерными частицами/ Д.Н. Коротких, О.В. Артамонова // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов: Сб. статей второй международной конференции. Москва, 2007. С. 447–449.
15. Тимашев В.В. Структура самоармированного цементного камня/ В.В.Тимашев, И.И.Сычева, Н.С. Никонова / Тимашев В.В. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука. 1986. С.390–400.
16. Славчева Г.С. Исследование гигромеханических характеристик модифицированного цементного микробетона/ Г.С. Славчева, С.Н. Чемоданова // Вестник ЦРО РААСН. Воронеж – Тверь. 2007. №6. С. 165–174.

Контактная информация для переписки:**e-mail: chem@vqasu.vrn.ru****тел. рабоч.: (4732) 39-53-53, тел. сотов: (4732) 58-99-67**

УДК 69

В.П. ТРАМБОВЕЦКИЙ, кандидат технических наук (ФГУП НИЦ «Строительство»), Россия

V.P. TRAMBOVETSKY, Cand.Sc. (engineering), the Federal State Unitary Enterprise «Construction», Russian Federation

СОЮЗ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА Часть 1

THE UNION OF THE NANO-TECHNOLOGIES AND THE CONSTRUCTION Part 1

На основе опыта ряда передовых зарубежных стран и, прежде всего, США, показано, что для проведения исследований и разработок на наноуровне современная наука должна иметь соответствующее контрольно-измерительное и технологическое оборудование, в том числе нанопроцессоры, наноманипуляторы, нанокomпьютеры и другие уникальные приборы и устройства. Международными и региональными организациями по стандартизации уже разрабатываются и утверждаются соответствующие стандарты и методики испытаний.

The author studies the experience of some advanced foreign countries, first and foremost the USA, and shows that the research and development works with nano-technologies require corresponding test equipment and technological plants including the nano-processors, the nano-manipulators, the nano-computers and other unique devices and equipment. Some international and regional institutions in the field of standardization already develop and approve the corresponding standards and the test methodologies.

Ключевые слова: нанотехнологии, строительство, наноуровень, нанотехнологические центры и лаборатории, инновационная деятельность, наночастицы, малоэнергоемкие цементы, нанотрубки, нанокomпозиты.

Key-words: nano-technologies, construction, nano-level, nano-technological centres and laboratories, innovative activities, nano-particles, low energy consumption cements, nano-pipes, nano-composites.

Результатом усилий Президента и руководства страны по переводу экономики России на инновационный путь развития стало создание Госкорпорации «Роснано» с мощным бюджетным финансированием в 130 миллиардов руб., гендиректором которой был назначен А. Чубайс. Утверждена Федеральная целевая программа на 2008–2010 гг., назначены головные организации отраслей по направлениям развития нанотехнологий. Министр образования и науки А. Фурсенко полагает, что Россия уже к 2015 г. сможет производить нанопродукции на сумму не менее триллиона рублей в год. Развитие нанотехнологий в России является одной из приоритетных задач и её решение, по мнению руководства страны, поможет преодолеть наше технологическое отставание.

Конец XX века можно назвать эпохой взрывного развития микро-технологий, включая цифровые технологии, наступивший же XXI век может стать эпохой развития нанотехнологий. Прогнозы ученых о значительном улучшении качества жизни за счёт ожидаемых прорывных достижений в области нанотехнологий вызвали взрыв интереса у так называемого венчурного капитала, крупных корпораций, филантропических, научных и правительственных организаций США и некоторых других стран. Прогнозируемая высокая отдача от вложений в передовую науку способствовала появлению значительных финансовых возможностей.

Так, например, национальная инициатива «Нанотехнология», запущенная в США, позволила предусмотреть (по данным журнала ENR) только в федеральном бюджете соответствующие государственные расходы на сумму \$3,7 млрд на период до 2008 г., причем правительство США распределило эти деньги между правительственными организациями США, в т.ч. Национальным научным фондом, Министерством обороны, Министерством энергетики, Национальным институтом здравоохранения, Институтом стандартов и технологий и Министерством внутренней безопасности. Правительство США полагает, что эти инвестиции изменят наше понимание многих явлений на наноуровне и позволят полученные знания использовать, в первую очередь, для усовершенствования медицины, производственных процессов, создания высокотехнологичных материалов, информационных технологий, энергетики и защиты окружающей среды. Мировой рынок продуктов на базе нанотехнологий стремительно растёт и к 2015 г. он может со-

ставить, по прогнозам Национального научного фонда США, более \$1 триллиона в год.

Для проведения исследований и разработок на наноуровне современная наука должна располагать и уже располагает соответствующим контрольно-измерительным и технологическим оборудованием, в том числе сканирующей туннельной, атомно-силовой и сканирующей зондовой микроскопией, нанопроцессорами, наноманипуляторами, нанокomпьютерами и другими уникальными приборами и оборудованием. Международными и региональными организациями по стандартизации разрабатываются и утверждаются соответствующие стандарты и методики испытаний.

Говоря об инновационном пути развития, интересно отметить, что единого толкования слова «инновация» до сих пор нет, что в ряде случаев приводит к путанице и недопониманию сути происходящих при этом процессов. В нашей каждодневной практике словом «инновация» весьма часто могут называть любое малозначимое усовершенствование технологического процесса или промышленного изделия, далеко не соответствующего мировому уровню. Энциклопедия «Википедия» слово «инновация» определяет как нововведение в области техники, технологии, организации труда или управления, основанное на использовании достижений науки и передового опыта. Таким образом, инновация – это такой процесс (или результат процесса), в котором используются частично или полностью охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности и обеспечивается выпуск патентоспособной продукции, товаров или услуг, по своему качеству соответствующих мировому уровню. На сегодняшний день в мире зарегистрировано уже около 10 тыс. нанопатентов, причем более 2 тыс. из них имеют правовую охрану в России.

Для принятия инновационных решений, основанных на изобретениях и ведущих к созданию оригинальных технологий и изделий мирового уровня, требуется наличие особой атмосферы и особого режима производства, когда поощряется принятие рискованных решений, но без наказания за возможные неудачи в этом деле. То есть, инновационные разработки могут и должны создаваться на уникальных производствах со структурой и режимом, практически противоположным структуре и режиму стандартного производства. Как известно, наиболее популярной формой таких организаций являются так называемые венчурные фирмы (с венчурным или рисковым капиталом), появивши-

еся и получившие распространение в США и некоторых других странах. Такие фирмы создаются при крупных производственных компаниях, располагаются они, как правило, в отдельных зданиях. Но чаще всего венчурные фирмы создаются и действуют самостоятельно.

Совершенно естественно, что для создания и отработки нанотехнологий требуются новейшие лабораторные корпуса и испытательные центры с уникальным оборудованием, где можно производить измерения геометрических размеров с точностью до нм и изготавливать изделия толщиной до нескольких молекул и площадью несколько нм². Так, например, Национальный институт стандартов и технологии (NIST) в Гейтерсберге (США) завершил строительство корпуса нанотехнологий с лабораторией измерений стоимостью \$175 млн, который, по мнению проектировщиков, является зданием с наиболее контролируемой в мире внутренней средой. Колебания температуры внутреннего воздуха не превышают $\pm 0,01^\circ\text{C}$, уровень вибраций не выходит за пределы 2,5 мкм/сек, электропроводка в здании имеет особую изоляцию, предотвращающую воздействие электрических токов на проводимые эксперименты с точностью до нА и нВ, т.е. отсутствует электромагнитное загрязнение среды. Такие помещения получили название «clean rooms» (чистых помещений). Они становятся обязательной принадлежностью исследовательских центров, работающих на наноуровне. Некоторые нанотехнологические процессы требуют еще больших ограничений амплитуд колебаний порядка 1 мкм/сек или даже меньше. В лаборатории в Гейтерсберге в настоящее время с успехом ведутся работы по созданию добавок для бетона на основе наночастиц, существенно улучшающих вязкость смеси и вдвое повышающих долговечность бетонных конструкций.

Сегодня бетон является тем материалом, которому отдают предпочтение при сооружении чистых помещений. Изучение замечательных демпфирующих свойств бетона началось ещё в 30-х годах прошлого века, но разработке способов их улучшения, параллельно с модификацией прочности бетона и модуля упругости, достаточного внимания не уделялось. В настоящее время в Калифорнийском университете Беркли ведутся такие исследования, и в руках специалистов уже имеются определенные способы изменения демпфирующих свойств за счет введения специальных добавок (стирол-бутадиеновых латексов и растительных масел), изменения В/Ц, микроструктуры, некоторых видов заполнителей и арматуры.

Строительство и эксплуатация нанотехнологических центров и лабораторий осуществляется и другими правительственными организациями США, в т.ч. Министерством энергетики при широко известных национальных лабораториях в Сандиа, Лос Аламосе и ещё в пяти других местах страны. По заявлению руководства этого Министерства все подведомственные ему лаборатории хотят открыть свои наноподразделения, а некоторые их уже имеют. NASA финансирует работы в области нанотехнологий в университете Purdue и Массачусетском технологическом институте, причем последний финансируется также и Министерством обороны США на проведение поисковых исследований в области совершенствования на новейшей основе вооружения для армии. Национальный институт здравоохранения использует правительственные субсидии для изучения возможных способов действий современного биотерроризма и борьбы с ним. В рамках Министерства было потрачено \$700 млн на создание 11 биотехнологических лабораторий по изучению способов борьбы с птичьим и свиным гриппом, сибирской язвой и другими вирусными заболеваниями. Пять подрядных организаций подали заявки на участие в торгах по строительству Национального био- и агрозащитного Центра в Канзасе стоимостью \$523 млн, который будет управляться Министерством внутренней безопасности США и проводить исследования в области инфекционных заболеваний. Государственный университет Stony Brook в Нью Йорке приступил к строительству нового здания стоимостью \$35 млн для факультета продвинутых исследований в энергетике, включая изучение топливных ячеек и биотоплива на основе нанотехнологий. Работать факультет будет в сотрудничестве с рядом расположенной знаменитой Брукхейвенской национальной лабораторией.

Проектирование и строительство исследовательских центров XXI века существенно отличаются от практики прошлых лет. Новые центры должны обеспечивать возможность сотрудничества в одном месте специалистов разных профилей (физиков, биологов, медиков, механиков и других), обладать специализированными лабораториями и «чистыми помещениями» для проведения сложнейших экспериментов на субмолекулярном и наноуровне, создавать внутри зданий творческую атмосферу, включая наличие благоприятных рекреационных зон. «Создайте такие условия, и ученые сами придут к вам» – вот девиз современных американских архитекторов. Ключевым вопросом в проектировании является гибкость конструктивного решения здания, т.к.

будущие арендаторы или владельцы не всегда могут точно определить свои требования и, кроме того, сроки жизни большинства творческих коллективов и сроки проведения их исследований могут быть весьма короткими. «Если институт ведет одни и те же исследования в течение пяти и более лет, то это означает отсутствие у него прогресса», – говорят специалисты.

Организация лабораторного пространства имеет модульную систему с таким расположением всех вспомогательных устройств, которая позволяет передислокацию оборудования без излишних трудностей и дополнительных затрат (система «подключайся и начинай работать»). Однако такая система имеет и свои трудности и, в частности, если ранее первая стадия проектирования и строительства занимала, как правило, 3 года, то сегодня на эти же цели отводится всего лишь 2 года. На проектные решения большое влияние оказывает многопрофильность лаборатории. Междуетажные перекрытия имеют значительные открытые площади для деловых и неформальных общений специалистов. Камеральные и лабораторные помещения соединяются вертикальными атриумами для облегчения коммуникаций. Нанотехнологические лабораторные здания являются крупными потребителями воды, воздуха и энергии, что делает их экологически небезопасными. Это обязательно должно учитываться при проектировании.

Уважаемые коллеги!

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

Трамбовецкий В.П. Зарубежный опыт. Союз нанотехнологий и строительства. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 1. С. 60–65. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (дата обращения: __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

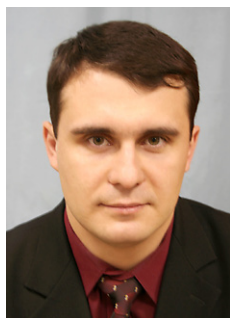
Trambovetsky V.P. Foreign experience. The Union of the nano-technologies and the construction. Part 1. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 1, pp. 60–65. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (Accessed __ __ __). (In Russian).

Контактная информация для переписки:

e-mail: info@nanobuild.ru

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

УДК 691-022.532



Е.В. КОРОЛЕВ, советник РААСН, проректор по научной работе и инновациям Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, доктор техн. наук, профессор, Россия

E.V. KOROLEV, advisor to the RAAC, Deputy Rector of Penza State University of Architecture and Construction (research works and innovations), Dr. Sc. (engineering), Professor, Russian Federation

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

THE MAIN PRINCIPLES OF PRACTICAL NANO-TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION MATERIAL SCIENCE

В статье приводится методика оценки технико-экономической эффективности нанотехнологий. Определена область эффективных нанотехнологий, рассмотрены способы получения наноматериалов стабильного качества, описаны способы однородного распределения наномодификаторов в объёме композита, предложены основные принципы практической нанотехнологии и алгоритм синтеза композитов.

The article presents a methodology of estimation of engineering-and-economic efficiency of nano-technologies. The field of efficient nano-technologies is determined, the methods of production of nano-matherials with a stable quality level are considered; the methods of a uniform distribution of nano-modifiers in the composite volume are considered, too; the main principles of practical nano-technologies as well as the algorithm of synthesis of the composites are suggested.

Ключевые слова: строительное материаловедение, принципы нанотехнологии, алгоритм синтеза, строительные композиты.

Key-words: construction material science, principles of nano-technologies, synthesis algorithm, construction composites.

Достижения фундаментальной науки создают предпосылки для изучения и создания технологий эффективных строительных материалов на качественно новом уровне. Практическое применение нанотехнологии в прикладных науках способствует их развитию, а также создаёт опытную базу для накопления новых знаний, способствует развитию nanoиндустрии и, соответственно, расширяет рынок материалов, полученных с применением нанотехнологии.

Материальная система получает приставку «нано» не по причине, что её размер становится меньше 100 нм, а потому что её свойства начинают зависеть от размера (рис. 1).

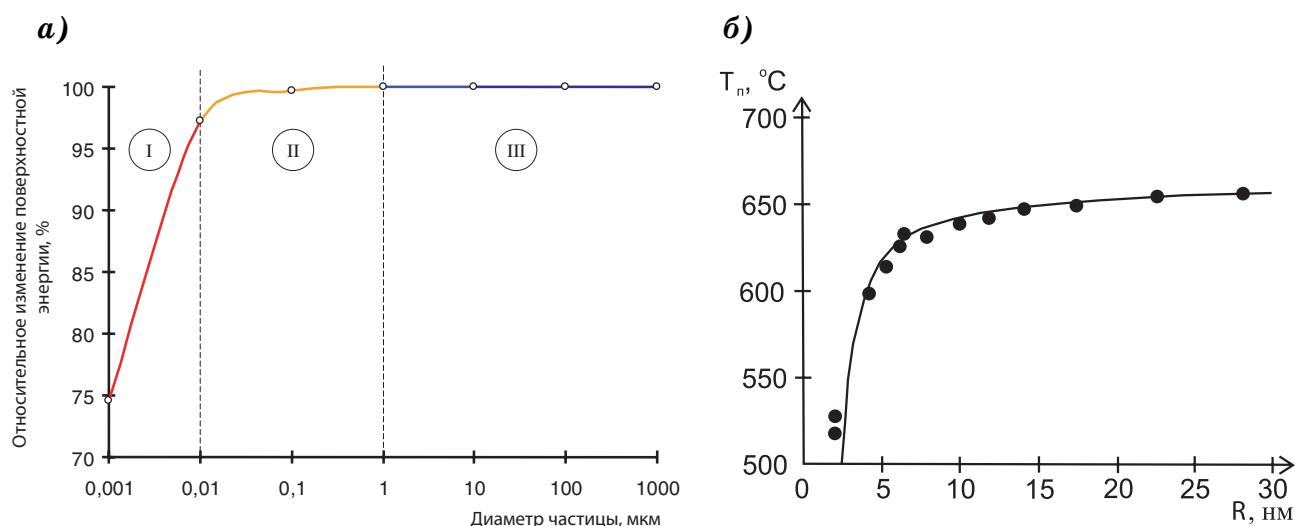


Рис. 1. Зависимости некоторых свойств веществ от размера частиц:

- а) изменение поверхностной энергии частиц углерода;
 б) изменение температуры плавления частиц алюминия

Свойства наносистемы отличны как от характеристик макротела, так и от свойств молекул или ионов его составляющих. В соответствии с указанным под нанотехнологией понимается некоторая совокупность приёмов, направленная на синтез наноразмерных (низкоразмерных) систем как в объёме материала, так и на границе раздела фаз, то есть на поверхности; в этом случае нанотехнология рассматривается как совокупность химических и физико-химических способов и приёмов создания на поверхности твёрдого тела структур, имеющих хотя бы в одном направлении наноразмер [1]. Под нанокompозитами понимают ансамб-

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

ли металлических или оксидных наночастиц, изолированных в твёрдых телах-матрицах [2].

Для создания практической нанотехнологии необходимо решить следующие задачи:

1) Получить наночастицы или системы с наноконпонентами стабильного качества.

2) Разработать способ однородного распределения нанообъектов по объёму композиционного материала.

3) Разработать методику оценки технико-экономической эффективности применения нанотехнологии.

Решение этих задач позволит определить область применения нанотехнологии в строительном материаловедении и методы её реализации.

Важно также провести всестороннюю и объективную оценку возможности применения нанотехнологий в строительстве, области применения, технологические приёмы и задачи, возникающие при реализации. Необходимость проведения такой оценки очевидна и её актуальность была дополнительно подчёркнута в ходе круглого стола «Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка»* в выступлении члена правления ГК «РОСНАНО» С.В. Калюжного, который предложил участникам ответить на вопросы:

- Действительно ли «нано» играет определяющую или революционную роль в будущем развитии строительства, строительных материалов и т.д.?

- Отвечает ли законодательная нормативная база в стране тому, чтобы активно внедрять нанотехнологии в строительстве?

После проведения заседания С.В. Калюжный подвел итог, указывающий на то, что предлагаемые нанотехнологии в строительстве не являются прорывными, а лишь предлагают небольшие частные решения.

Безусловно, указанный вывод необходимо тщательно проанализировать и определить причины и направления устранения такой пессимистической оценки.

Оценка технико-экономической эффективности нанотехнологии

Для этого введём коэффициент технико-экономической эффективности. Очевидно, что такой коэффициент должен учитывать качествен-

* Состоялся 12 марта 2009 года.

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

ные изменения в эксплуатационных свойствах материала и финансовую оценку средств, расходуемых на достижение декларируемых изменений. Примером такого коэффициента может быть соотношение:

$$q_{ef} = \frac{\bar{F}_k}{\bar{C}},$$

где \bar{F}_k – относительное изменение обобщённого критерия качества; \bar{C} – относительное изменение стоимости технологии (материала).

Формулирование обобщённого критерия качества материала

Наиболее простым видом обобщённого критерия качества является аддитивная функция вида:

$$F_k = \sum_i^n \beta_i K_i = \sum_i^n \beta_i \sqrt[m]{\prod_j^m k_j},$$

где β_i – весовые коэффициенты (коэффициенты значимости);

$$\sum_i^n \beta_i = 1;$$

K_i – групповые коэффициенты свойств;

$$K_i = \sqrt[m]{\prod_j^m k_j};$$

k_j – критерий выделенного свойства;

$$k_j = \frac{I_j}{I_{j,max}};$$

$I_j, I_{j,max}$ – фактическое и нормированное значение выделенного свойства.

При $I_j \geq I_{j,max}$ принимается $k_j = 1$. Относительное значение обобщённого критерия качества рассчитывается по формуле

$$\bar{F}_k = \frac{(F_k)_н - (F_k)_б}{(F_k)_б},$$

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

где индексы «н» и «б», соответственно, указывают на новый и базовый материалы.

Формулирование стоимости технологии (материала)

Относительная стоимость материала должна учитывать весь его жизненный цикл; её также можно представить в виде аддитивной функции:

$$\bar{C} = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \bar{C}_i = \alpha_1 \bar{C}_1 + \alpha_2 \bar{C}_2 + \alpha_3 \bar{C}_3 + \alpha_4 \bar{C}_4 + \alpha_5 \bar{C}_5 ,$$

где \bar{C}_1 – затраты на производство (изготовление материала); \bar{C}_2 – затраты на проектирование, монтаж и эксплуатацию технологической линии; \bar{C}_3 – затраты на изготовление конструкции (изделия); \bar{C}_4 – эксплуатационные затраты; \bar{C}_5 – затраты на переработку (утилизацию) материала; α_i – коэффициенты весомости

$$\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1 .$$

Относительное значение стоимости технологии (материала) рассчитывается по формуле

$$\bar{C}_i = \frac{\Delta C}{C_6} = \frac{C_n - C_6}{C_6} .$$

Очевидно, что применение технологии эффективно при выполнении условий:

- 1) $q_{ef} > 1$ при $\bar{C} > 0$;
- 2) $|q_{ef}| > 0$ при $\bar{C} < 0$.

Эти условия определяют в плоскости « $\bar{F}_k - \bar{C}$ » область, ограниченную прямыми:

- 1) $\bar{F}_k = \bar{C}$ при $\bar{C} > 0$;
- 2) $\bar{F}_k = 0$ при $\bar{C} < 0$.

Зависимость $q_{ef} = f(\bar{F}_k, \bar{C})$ имеет сложный вид: резкое возрастание q_{ef} наблюдается при $\bar{F}_k \geq |\bar{C}|$ (рис. 2, б). Прямые $\bar{F}_k = |\bar{C}|$ ($|q_{ef}| = 1$) образуют область «клина», определяющую эффективные технологии наноконструктивов (рис. 2, а). Область, соответствующая условию $0 < |q_{ef}| < 1$ при $\bar{C} < 0$, характеризует достижения традиционных технологий.

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

Подробно рассмотрим «область клина». Очевидно, что при $\bar{C} < 0$ и $|q_{ef}| > 0$ формируется область технологий уникальных композитов, обладающих повышенными показателями эксплуатационных свойств (качества), на осуществление которых требуется меньше затрат по сравнению с базовым материалом. Причём чем меньше затраты, тем более высокими значениями технических характеристик обладает материал (примером таких материалов является «философский камень» алхимиков). Бесспорно, что технологии таких материалов не реализуемы.

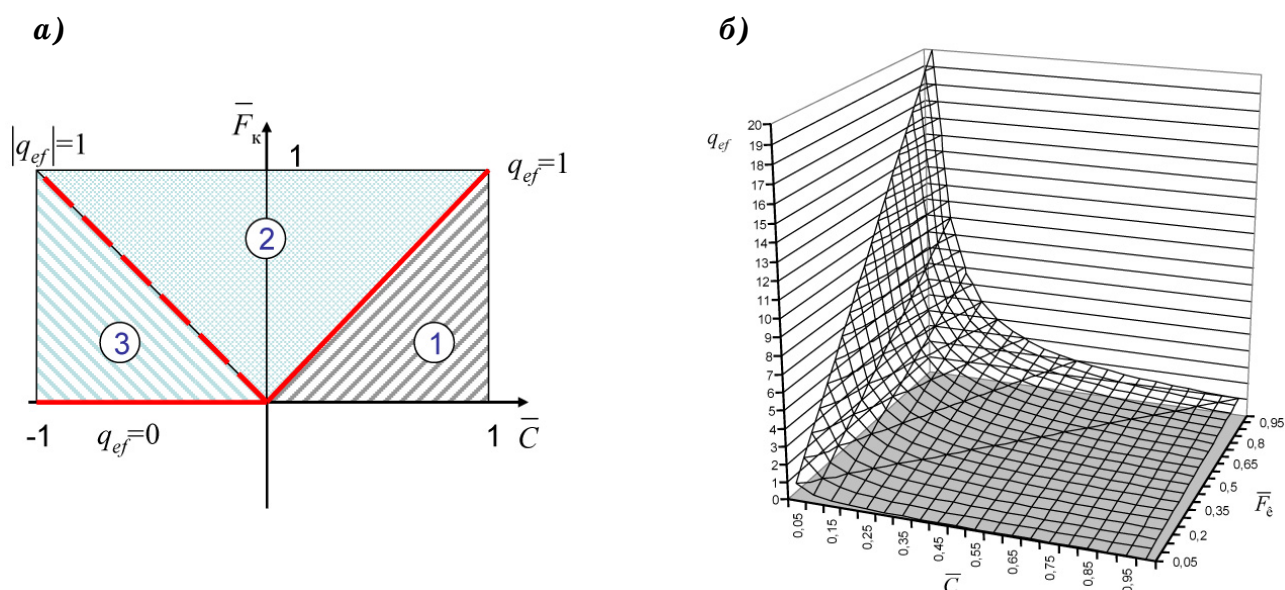


Рис. 2. Диаграмма технико-экономической эффективности нанотехнологии:

- 1 – область неэффективных составов $q_{ef} < 1$;
- 2 – область составов нанокompозитов $q_{ef} > 1$;
- 3 – область традиционных составов $q_{ef} < 1$ (при $C < 0$)

Внедрение новых технологий потребует закономерных затрат, то есть $\bar{C} > 0$ (рис. 3). Фактическая зависимость $\bar{F}_k = f(\bar{C})$ будет иметь сложный характер. Вложение средств, безусловно, будет сопровождаться повышением качества материала (участок OA). После вложения определённого количества средств $\Delta\bar{C}_1$, накопления знаний и разработки нового технологического оборудования возможно ожидать качественное изменение свойств материала (участок AB). Дальнейшая разработка такой прорывной технологии возможно будет давать незначительный положительный эффект (участок BC), который при дальнейшем увеличении вложений $\Delta\bar{C}_2$ не будет изменяться (участок CD). Таким образом,

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

фигура ABD характеризует область нанотехнологий, из которой только область, представленная фигурой ABCE, будет характеризовать эффективные нанотехнологии.

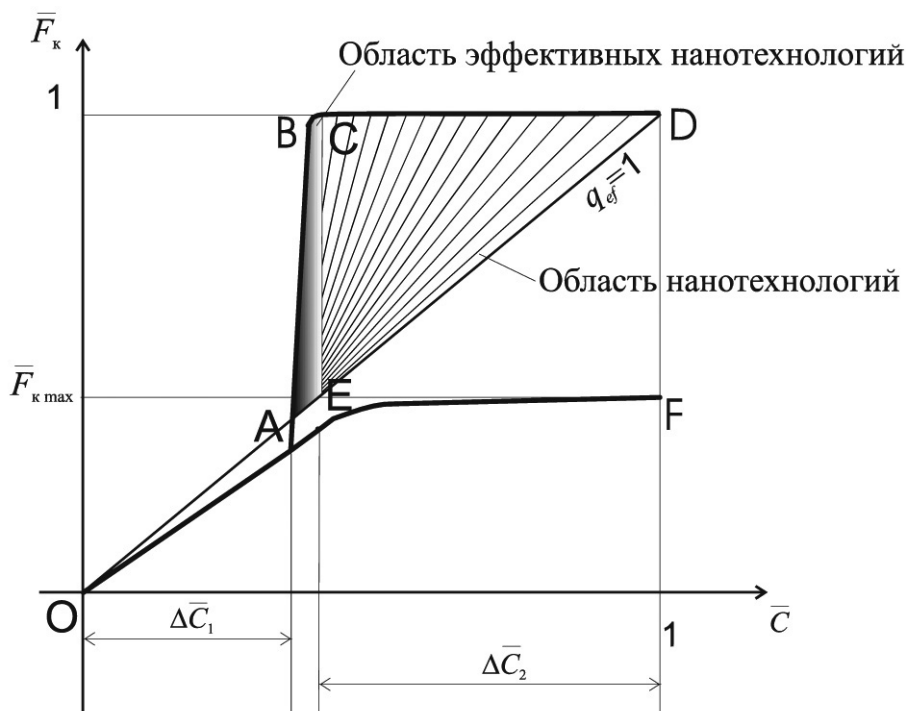


Рис. 3. Варианты изменения $\bar{F}_k = f(\bar{C})$

В случае если при начальном вложении средств (участок АВ) не будут накоплены соответствующие знания, то дальнейшие расходы будут приводить к определённому повышению качества материала (участок OF), однако такие изменения незначительны $\bar{F}_k = \bar{F}_{k \max} < 1$, а технологии не внесут революционных преобразований.

Кроме того, необходимо установить критерии качества для каждой группы материалов, предназначенных для эксплуатации в заданных условиях. Причём должны быть определены конкретные показатели и установлены методики определения свойств. Важно отметить, что существуют очевидные трудности в выборе базового материала и в методике расчёта экономических показателей. Указанные задачи требуют оперативного решения и являются планом по сертификации нанотехнологий в строительстве.

Способы получения наносистем стабильного качества

Все способы получения наноразмерных частиц разделяются на две группы: методы диспергирования и агрегирования. По первому методу необходимо различными способами измельчить макротело до наночастиц, затратив при этом значительное количество энергии.

Во втором способе наночастицы образуются в результате химического превращения соединения-предшественника (прекурсора) с последующей агрегацией молекул или атомов продукта реакции в матрице-носителе. Эти способы приводят к формированию частиц с высокой поверхностной энергией, что предопределяет их слипание (агрегирование). Очевидно, что перспективен метод агрегирования, так как в этом способе используется потенциальная химическая энергия взаимодействующих компонентов. Однако в указанных методах не решаются проблемы однородного распределения наноструктур в объёме композита.

Определение способа однородного распределения нанообъектов в объёме композита

Для выявления способа однородного распределения нанообъектов в объёме композита необходимо определить приемлемую стратегию реализации нанотехнологии. Известны два направления осуществления нанотехнологии, условно называемые технология «сверху вниз» и технология «снизу вверх» [3]. Причём механосинтез, положенный в основу технологии «снизу вверх», рассматривается как будущее современной нанотехнологии.

Анализ типичной кинетики изменения теплосодержания системы указывает на две важные особенности процесса синтеза (рис. 4):

1) для осуществления синтеза необходимо системе сообщить дополнительную энергию, равную энергии активации;

2) термодинамически устойчивая система формируется при $N_{\text{исх}} > N_{\text{кон}}$, то есть при выделении тепла $\Delta q_{\text{пр}} > 0$.

Эти особенности принципиально важны при выборе стратегии нанотехнологии. Необходимо отметить, что при получении нанообъекта по технологии «сверху вниз» подводимая извне энергия расходуется на диспергирование материала и увеличение поверхностной и внутренней энергии вещества. Причём основным следствием механической обработки твёрдых тел является не измельчение, а увеличение количества дефектов (на увеличение поверхностной энергии приходится несколько процентов, остальное приходится на накопление в кристаллах дефек-

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

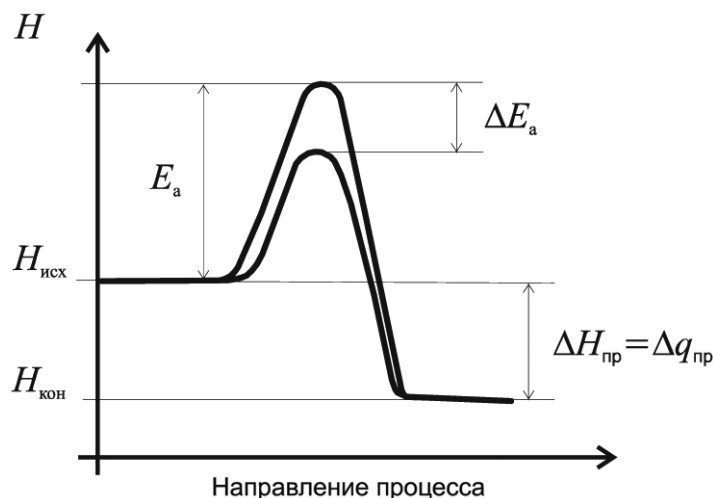


Рис. 4. Кинетика изменения теплосодержания системы в процессе синтеза

тов). Однако возможность использования накопленной энергии зависит от вида процесса, то есть изменение количества накопленной энергии может несимбатно изменять реакциюную способность твёрдого тела [5].

Представленная кинетика изменения теплосодержания справедлива для технологии «снизу вверх». Однако при механосинтезе тепло $\Delta q_{\text{пр}}$ необходимо отводить из зоны синтеза, так как тепловая энергия будет нарушать структуру наноконструкции (отвод энергии требует дополнительных затрат ресурсов).

При синтезе наноструктур из компонентов, способных вступать во взаимодействие, выделяющаяся теплота расходуется на снижение величины энергетического барьера, что, безусловно, положительно.

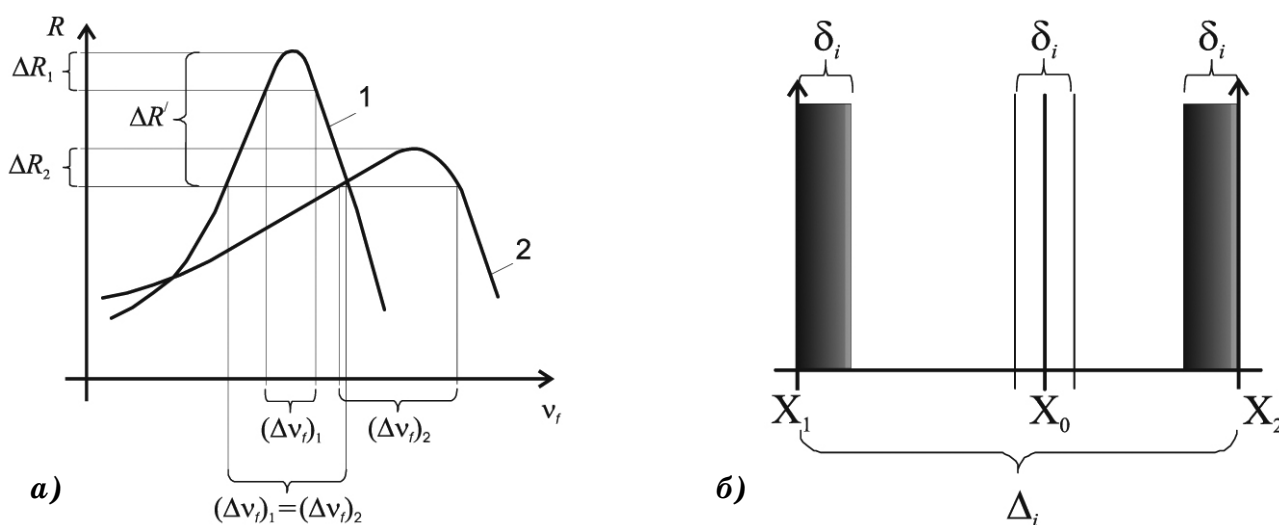


Рис. 5. Устойчивость технологического процесса

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

Отсюда очевидно, что в настоящее время перспективной стратегией развития нанотехнологии является синтез наноструктур из потенциально активных компонентов. Современные технологии строительных материалов базируются на использовании многокомпонентных высокодисперсных смесей. Такой подход позволяет повысить показатели эксплуатационных свойств строительных композитов. При этом экстремум свойств проявляется в малых диапазонах изменения концентраций компонентов смеси. При случайном отклонении рецептуры от оптимального значения наблюдается значительное снижение показателей эксплуатационных свойств. Указанное продемонстрировано на примере прочности композита (рис. 5, а): при $\Delta R_1 = \Delta R_2$ верно неравенство $(\Delta v_f)_1 < (\Delta v_f)_2$, а при $(\Delta v_f)_1 = (\Delta v_f)_2$ – неравенство $\Delta R' > \Delta R_1 > \Delta R_2$.

Кроме того, при использовании многокомпонентных смесей количество каждого компонента в смеси уменьшается: при $\sum_{i=1}^n c_i = \sum_{j=1}^m c'_j = 1$ и $m > n$ верно неравенство $c_i > c'_j$. При этом закономерно снижаются вероятность получения однородной смеси и устойчивость* технологического процесса к случайному варьированию рецептурных факторов. Предположим, что рациональный диапазон варьирования фактора Δ_i ($i = 1 \dots n$, где n – количество факторов), погрешность в его регулировании – δ_i (рис. 5, б). Вероятность выхода фактора за границы варьирования равна

$$w_i = \delta_i / \Delta_i \text{ или } w_i = 1 / q_i \text{ (при } \Delta_i = q_i \delta_i \text{),}$$

а устойчивость всего технологического процесса –

$$W = 1 - \sum_i^n \alpha_i w_i,$$

где α_i – коэффициент весомости фактора; $\sum \alpha_i = 1$.

Из представленных формул следует, что при уменьшении Δ_i , что будет происходить при увеличении количества компонентов в материале, и при $\delta_i = \text{const}$ устойчивость технологического процесса будет снижаться. Повысить стабильность процесса можно только при использовании компонентов, образующих термодинамически устойчивые системы: молекулярные или лиофильные коллоидные растворы. При этом достигается максимальная однородность распределения компонента по объёму

* Под устойчивостью технологического процесса будем понимать получение материала с требуемым качеством при случайном выходе рецептурно-технологических факторов из рациональных границ варьирования.

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

композита, что особенно важно в случаях добавления модификатора в микроколичестве.

При реализации нанотехнологии носителем нанообъектов должна являться среда, образующая в композите непрерывную фазу. В соответствии с теорией перколяции образование непрерывной фазы наблюдается при достижении порога перколяции: первый порог равен 16% по объёму материала. Такими средами в композиционных материалах являются жидкая или дисперсная фазы. Не проводя детальный анализ, отметим, что для получения стабильных коллоидных растворов наночастиц требуется применение различных ПАВ (особенно при использовании фуллеренов и нанотрубок, которые плохо смачиваются водой). Очевидно, что такие вспомогательные вещества при введении в композит должны свободно удаляться с поверхности нанообъекта для реализации его потенциальных возможностей.

Дисперсные фазы композиционных материалов также могут являться носителями нанообъектов. Для этого на поверхности частиц дисперсной фазы необходимо создать наноструктурную плёнку. Существует несколько способов формирования наноструктурных плёнок (поверхностных нанокомпозитов) [5–7]:

1) Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) – это процесс испарения и конденсации вещества в сверхвысоком вакууме ($P < 10^{-9}$ мм рт. ст.). Для этого необходимо наличие чистых источников испаряемых веществ, высокого вакуума, точный контроль температуры подложки, диагностика растущей плёнки. Эффузионные испарительные ячейки выполняются из тугоплавкого материала, например, нитрида бора. Охлаждение проводится жидким азотом. Метод МЛЭ имеет весьма существенный недостаток – высокую стоимость.

2) Газовая эпитаксия металлоорганических соединений (ГЭМС). В этом случае исходные газообразные реагенты пиролизически (под действием высокой температуры) разлагаются у поверхности подложки, выделяя плёнкообразующие компоненты, причём подложка является более нагретым телом, чем окружающая среда. При выращивании тонких плёнок контроль за толщиной в процессе синтеза неприменим, так как обычно используют агрессивные газовые среды. Процесс проводят в проточном вакуумном реакторе при давлении паров компонентов 0,1–10 мм рт. ст. Снижение давления и увеличение скорости потока позволяет значительно повысить однородность слоёв. Исходными компонентами являются метильные, этильные и изобутильные соедине-

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

ния металлов, а также гидриды некоторых элементов. Метод ГЭМС по сравнению с МЛЭ обладает высокой производительностью, однако даёт более расплывчатые структуры, обусловленные высокой температурой подложки и продолжительным синтезом.

3) Химическая сборка поверхностных наноструктур (ХС) и разновидности метода – метод молекулярного наслаивания (МН) и атомно-слоевая эпитаксия (АСЭ) – основаны на хемосорбции компонентов из газовой фазы. Благодаря возможности провести практически монослойную хемосорбцию компонентов, формирование структур происходит по слоевому механизму, то есть без образования трёхмерных зародышей. В методе МН предусмотрено наличие на поверхности матрицы определённых функциональных групп, способных реагировать с низкомолекулярными соединениями. Таким образом, благодаря серии последовательных химических реакций осуществляется наращивание слоёв структурных единиц заданного состава. Основная особенность ХС заключается в том, что процесс формирования слоя контролируется не термодинамикой фазовых переходов, а термодинамикой макрореакций, а проведение реакций в неравновесных условиях приводит к формированию устойчивых структур. Неравновесность процесса достигается значительным избытком компонента и быстротой удаления газообразных продуктов реакции. Толщина образующегося слоя определяется не временем синтеза или интенсивностью потока вещества, а количеством повторяющихся реакционных циклов. Благодаря малой энергии активации поверхностных явлений ХС можно проводить при низких температурах, что значительно снижает интенсивность диффузионных процессов. В методе АСЭ реакции присоединения осуществляются на координационно-ненасыщенных атомах поверхности послойной хемосорбцией компонентов из атомно-молекулярных пучков. Процесс проводят в вакууме; аппаратура АСЭ – упрощённый вариант МЛЭ. Недостатком ХС является ограниченное количество реакционноспособных легколетучих реагентов и сложность создания достаточно однородно активированной поверхности для реализации монослойного роста наноструктур.

Очевидно, что из апробированных методов в строительном материаловедении можно использовать метод химической сборки и, в частности, метод молекулярного наслаивания.

Вышеизложенное позволяет сформулировать некоторые принципы нанотехнологии в строительном материаловедении:

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

- Нанотехнология строительных композитов должна обеспечивать их производство по объёмным технологиям.
- Носитель нанообъектов (наночастицы как вводимых извне, так и синтезируемых в объёме композита) должен образовывать в композите (постоянно или временно) непрерывную фазу. Из теории протекания следует, что образование непрерывной фазы наблюдается при достижении порога перколяции (первый порог – 16% по объёму). Этот принцип предопределяет, что создание наноструктур целесообразно проводить на границе(ах) раздела фаз. При этом должна формироваться термодинамически устойчивая граница раздела фаз.
- Синтез нанообъектов в композите должен приводить к снижению энергии Гиббса ($\Delta G < 0$).
- Количество модификаторов наноразмерного уровня должно обеспечивать их равномерное распределение по объёму материала.
- Вспомогательные вещества, применяемые для распределения нанообъектов в объёме композита, должны удаляться с их поверхности основной фазой композита.

Методически разработку нанотехнологии строительного композита целесообразно проводить в следующей последовательности:

- Выявление особенностей структурообразования композита, условий повышения эксплуатационных свойств и параметров структуры композита (однородность распределения фаз, дисперсность твёрдых частиц, влияние границы раздела фаз на кристаллическое строение вяжущего вещества, плотность дислокаций, образование новых фаз, особенности строения порового пространства и др.).
- Определение вида наномодификатора и его носителя.
- Разработка методики введения наномодификатора, обеспечивающей его однородное распределение на границе раздела фаз.
- Установление закономерностей влияния наномодификатора и других рецептурно-технологических факторов на структуру и эксплуатационные свойства композита, получение математической модели и многокритериальная оптимизация состава и технологического режима изготовления материала.
- Техничко-экономическая оценка эффективности нанотехнологии.

С использованием приведённых принципов и алгоритма можно разработать множество строительных материалов различного назначения и на основе различных вяжущих. В частности, в наших работах ана-

Е.В. КОРОЛЕВ Основные принципы практической нанотехнологии в строительном материаловедении

логично методу молекулярного наслаивания разработан и апробирован метод жидкофазного нанесения модификатора, толщина которого на поверхности минерального носителя составляет 45–75 нм. В процессе изготовления композита физико-механические свойства модификатора изменяются, что обеспечивает повышение эксплуатационных свойств композита не менее 30–50%.

Библиографический список:

1. Малыгин А.А. Химия поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы // Соросовский образовательный журнал. 2004. Т.8. №1. С. 32–37.
2. Романовский Б.В., Макшина Е.В. Нанокompозиты как функциональные материалы // Соросовский образовательный журнал. 2004. Т.8. №2. С. 50–55.
3. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. 134 с.
4. Болдырев В.В. Управление химическими реакциями в твёрдой фазе // Соросовский образовательный журнал. 1996. №5. С.49–55.
5. Ежовский Ю.К. Поверхностные наноструктуры – перспективы синтеза и использования // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т.6. №1. С. 56–63.
6. Малыгин А.А. Химическая сборка поверхности твёрдых тел методом молекулярного наслаивания // Соросовский образовательный журнал. 1998. №7. С. 58–64.
7. Лисичкин Г.В. Химическое модифицирование поверхности минеральных веществ // Соросовский образовательный журнал. 1996. №4. С. 52–59.

Контактная информация для переписки:

e-mail: korolev_ev@rambler.ru

Л.А. ИВАНОВ *Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка*



МЕРОПРИЯТИЯ

EVENTS

УДК 691

Л.А. ИВАНОВ, заместитель главного редактора электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», действительный член Международной инженерной академии, кандидат технических наук, Россия

L.A. IVANOV, Deputy Editor-in-Chief of the electronic version of the journal «Nano-technologies in construction: a scientific Internet-journal», a full member of the International Engineering Academy, Cand. Sc. (engineering), Russian Federation

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РЫНКА

NANO-TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: NEW POTENTIALITIES FOR THE MARKET

12 марта 2009 года в Москве в МВЦ «Крокус Экспо» по инициативе ГК «Роснанотех» состоялся круглый стол «Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка». В ходе мероприятия обсуждался широкий круг вопросов: проблемы и перспективы развития строительной отрасли в России; существующие и перспективные разработки в области нанотехнологий в строительстве; использование наномодифицированных добавок; использование пеностеклянных материалов нового поколения на основе наноструктур модифицированного сырья; использование наномодифицированных строительных смесей и жидких композитов; создание автоматизированного комплекса по производству домов из неавтоклавного, гидрофобизированного в объеме пенобетона; использование нанотехнологий в разработке и производстве новых огне-, теплозащитных материалов и высокопрочных конструкций.

Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка

The round table «Nano-technologies in construction: new potentialities for the market» was held in the «Krokus Expo» centre (Moscow) in 2009, March, 12. The event was arranged by the «RCNT» State Company. A wide range of questions were discussed: the problems and the prospects of development of the construction industry in Russia; the developments in the field of nano-technologies in construction; the use of nano-modified additives; the use of new foam glass materials based on the nano-structures of modified raw materials; the use of nano-modified dry plasters and mortars as well as liquid composites; the creation of an automated workshop for the production of buildings from the non-autoclave water-repellent foam concrete; the use of nano-technologies in the process of production of new fire-resistant and heat-protective materials as well as the high-strength structures.

Ключевые слова: нанотехнологии, строительство, коммерциализация, nano-индустрия, наномодифицированные добавки, базальтопластиковая арматура, наночастицы, наноструктурная плёнка.

Key-words: nano-technologies, construction, commercialization, nano-industry, nano-modified additives, basalt-and-plastic reinforcement, nano-particles, nano-structural film.

С приветственным словом к участникам обратился ведущий круглого стола директор Департамента научно-технической экспертизы, член Правления ГК «РоснаноТех» доктор химических наук, профессор Сергей Владимирович Калюжный:

«Мы решили организовать этот круглый стол, потому что начали приходить проекты именно по данной тематике. Так как ГК «РоснаноТех» является финансовым инвестором, мы решили собрать специалистов в этой области и обсудить проблемы. У нас запланированы доклады и время для дискуссий».

Ведущие ученые, руководители и специалисты организаций и предприятий выступили со следующими докладами.

Олег Федорович Очин, научный руководитель Инновационной компании «Протинус», доктор экономических наук – «Кризис – время для инноваций в стройиндустрии»;

Андрей Викторович Владимиров, генеральный директор ООО «СтройБетонСервис» – «Опыт применения наномодифицированных добавок в бетоны»;

Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка



Борис Эммануилович Юдович, заместитель генерального директора по науке ООО «ИНТЕХСТРОМ», канд. техн. наук – «Пенобетон с наноструктурированными элементами субмикроструктуры»;

Вадим Израилович Раховский, заместитель генерального директора Аналитического центра «НАНОТЕХ» по исследованиям и разработкам, доктор физико-математических наук, профессор – «Создание автоматизированного комплекса по производству домов из неавтоклавного, гидрофобизированного в объеме пенобетона»;

Евгений Валерьевич Николаев, коммерческий директор завода «Базальтовые технологии «Гален» – «Композитная наномодифицированная арматура RockBar и ее применения в строительстве»;

Александр Анатольевич Кетов, консультант по науке ЗАО «Пеноситал», доктор технических наук, профессор – «Производство новых теплоизоляционных материалов на основе нанотехнологических принципов переработки несортного стеклобоя»;

Богдан Иосипович Лазоряк, НПО «Унихимтек», профессор – «Использование нанотехнологий в разработке и производстве новых огне-, теплозащитных материалов и высокопрочных конструкций»;

Виктор Иванович Иванюк, генеральный директор ООО «Авангард-стройматериалы» – «Наномодифицированные сухие строительные смеси и жидкие композиции»;

Александр Александрович Сафонов, начальник отдела математического моделирования ООО «НТЦ АпАТЭК-Дубна» – «Опыт применения наноструктурированных композиционных материалов в мостостроении»;



Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка

Мария Силакова, менеджер ООО «Кинпро-Систем» – «Нанотехнология КИНПРО Нано-Систем в стабилизации грунтов».

В ходе обсуждения выступили:



Борис Владимирович Гусев, президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и Правительства РФ, главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», доктор технических наук, профессор;

Андрей Геннадьевич Алексенко, академик Международной АН ВШ и АЭН РФ, руководитель Наноцентра МЭИ, Герой социалистического труда, доктор технических наук, профессор;

Валерий Яковлевич Сирота, генеральный директор ООО «Кинпро-Систем» и др.

Все доклады и сообщения вызвали у участников живой интерес, но, ввиду ограниченного объема статьи, приведём только один из них.

А.А. Кетов – «Производство новых теплоизоляционных материалов на основе нанотехнологических принципов переработки несортного стеклобоя»:

«Я хотел бы рассказать не только о полученных результатах, но и о пути создания целого поколения материалов, которые без понимания нанотехнологических принципов модифицирования поверхности дисперсных силикатов были бы невозможны. Отмечу, что выбор именно теплоизоляционных материалов был непросто, так как именно этот рынок растёт наиболее быстрыми темпами.

К 2015 году в Европе планируется 20-процентное снижение энергопотребления. Наибольший интерес среди теплоизоляционных материалов представляют те изделия, которые имеют плотность менее 300 кг/м³. Это в основном полимерные, волокнистые материалы, пеностекло. В отличие от других материалов пеностекло обладает такими преимуществами как пожароустойчивость и долговечность. Это обусловлено его механической структурой. Ячейки изначально оплавлены и имеют жесткую структуру, что обуславливает высокие потребительские свойства материала.

Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка

Пеностекло изначально было изобретено в СССР академиком Кийтайгородским. Его производством занимались три российских завода. На сегодняшний день работает только одно из этих предприятий, оставшееся со времен СССР, на территории Белоруссии. Монополистом в этой области является американская компания Pittsburgh Corning.

Мы проанализировали, почему в России с её климатическими условиями производство пеностекла оказалось на таком низком уровне. Прежде всего, технология не была обеспечена системной научной поддержкой и устарела. Одной из основных наших задач был поиск технологических решений, которые позволили бы создать эффективную технологию пеностекла и расширить сырьевую базу производства. Рассмотрим схему изготовления пеностекла по классической технологии.

Зёрна стекла обладают определённой окислительной способностью за счёт использования сульфатного стекла, углерод между зёрнами взаимодействует с сульфат-ионом. Основным газом, который расширяет всю композицию, является выделяющийся сероводород. Это говорит сразу о двух проблемах, которые имеет данная технология: обязательное образование сероводорода и, кроме того, невозможность использования в качестве сырья обычного стекла. Классическая технология не предполагает возможности использования другого стекла, кроме специально сваренного сульфатного.

Известно, что в ходе варки обычного стекла происходит значительное выделение газов. Нельзя ли соединить процесс синтеза стекла, варки и пенообразования? При синтезе обычного стекла зёрна кварца растворяются, происходит газовыделение, конечной задачей стекловарения является избавление от газовых включений. В нашем случае при синтезе пеностекла стоит противоположная задача – сохранить выделяющиеся газы внутри массы стекла. Однако при температурах варки стекла вязкость расплава достаточно низкая и газы свободно выходят. Поэтому для того, чтобы газы остались в расплаве, необходимо повышение вязкости, то есть снижение температуры. Такие процессы возможны при синтезе стекла из аморфного оксида кремния. На практике известна технология синтеза стекла из аморфных горных пород при температурах ниже тысячи градусов Цельсия. Шихтой для такого процесса является высокомолекулярное жидкое стекло, полученное гидротермальной обработкой аморфного оксида кремния природного происхождения. При использовании различных горных пород и даже некоторых сортов

Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка

глин возможно получение материала, который по структуре практически неотличим от классического пеностекла. Однородный гель высокомолекулярных полисиликатов при нагревании выделяет пары воды, и процесс пенообразования идёт параллельно с синтезом стекла. В результате могут быть получены пеносиликаты, о которых я говорил раньше. Они ни внешне, ни по структуре не отличаются от пеностекла. Таким образом, стекловарение возможно при более низких температурах и процесс сопровождается газовыделением. Этот процесс может быть положен в основу целого ряда продуктов нового поколения.

Стекло может быть модифицировано за счёт его химической активности. Обычно стекло не рассматривают, как активный компонент, но это не относится к дисперсному стеклу. Именно ионообменные свойства могут быть положены в основу нанесения на поверхность такого дисперсного стекла, плёнок, обладающих требуемыми свойствами, которые могут быть использованы для создания необходимых продуктов.

Если мы смешаем обычное стекло с растворимыми полисиликатами, такая композиция может в течение неограниченного времени находиться в какой-то ёмкости и прочность не будет возникать, потому что не происходит никаких процессов. Но если мы используем в качестве основы Н-стекло, то на поверхности образуется плёнка, величина которой может быть от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров. Под Н-стеклом в таком случае следует понимать ионно-модифицированное дисперсное стекло, часть ионов натрия на поверхности которого замещена на кислотные ионы водорода. Получаемая на поверхности ионно-модифицированного стекла плёнка полисиликатов за счёт кислых свойств Н-стекла осуществляет золь-гель переход, что на макросвойствах мы фиксируем как рост прочности получаемых изделий. Прочность композиции возрастает до 80–90 МПа. Свойства плёнки мы можем регулировать в процессе синтеза. Полученные материалы на основе дисперсного стекла могут быть изготовлены в любой форме по технологиям, типичным для бетона. Эти изделия не содержат цемента, только стеклянный порошок.

Достаточно ли будет той плёнки дисперсных полисиликатов для того, чтобы газовыделение обеспечило вспенивание композиции до величин, которые приемлемы для пеностекла? Простейший расчет показывает, что достаточно. В качестве иллюстрации приведем условную модель образования пеностекла по предложенной технологии: поверх-

Л.А. ИВАНОВ Нанотехнологии в строительстве: новые возможности для рынка

ность стекла покрыта наноразмерной плёнкой, которая сама по себе является сырьём для синтеза стекла при низкотемпературном процессе. Так как композиция является газоплотной, то при повышенных температурах и переходе силикатов в пиропластичное состояние композиция раздувается и образуется материал, который по внешним признакам практически неотличим от пеностекла. За счёт выделения паров воды, как основного компонента, мы можем модифицировать композицию восстановителями, и в результате плотность готового материала может очень сильно отличаться из-за увеличения газовыделения.

При таком понимании процессов предложенная технология соответствует тем критериям, которые определяются характером нанотехнологий. В результате возможно получение не только обычного пеностекла, но и новых продуктов с новыми потребительскими свойствами. В основе этой технологии, которая в настоящее время освоена Пермским заводом пеностекла, лежит получение полупродукта в виде химических гранул, при термообработке в замкнутом объёме получают блоки. Однако полуфабрикаты можно заливать в любые формы. Мы кладем заготовку той формы, которая нам нужна и при нагревании она увеличивается. Можно получить пеностекло любой формы, с любым барельефом, любым изображением, любого цвета. При дроблении полуфабриката и термообработке полученных гранул, получаем мелкий пеностеклянный гранулят.

Основные преимущества предложенных нанотехнологических принципов заключаются в расширении сырьевой базы, возможности получения новых востребованных продуктов, крайне необходимых для задач энергосбережения».

С заключительным словом выступил ведущий круглого стола Сергей Владимирович Калюжный, который поблагодарил собравшихся за активное участие в мероприятии.

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» приглашает участников круглого стола и всех специалистов к публикации информации о своих достижениях.

**Контактная информация для переписки:
e-mail: info@nanobuild.ru**



ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

THE PATENT REVIEW

УДК 69

В.П. КУЗЬМИНА, кандидат технических наук директор ООО «Колорит-Механохимия», Россия

V.P. KUZMINA, Cand.Sc. (engineering), Director of the «Colorit-Mehanohimia» company, Russian Federation

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Дан анализ патентной информации по нанотехнологиям. Изобретения могут применяться в промышленности, гражданском и промышленном строительстве, а также при возведении сооружений специального назначения.

Анализ патентной информации по нанотехнологиям выявил наличие порядка двухсот заявок и патентов в области электроники, металлических сплавов, бионанотехнологии, медицины и других отраслей. В области строительства очень мало разработок доведено до патентного внедрения. Часть заявок носит закрытый характер и остается на уровне заявок без раскрытия сути изобретений.

The analysis of the patent information on nanotechnologies is given. Inventions are industrially applied and can be used in civil and industrial construction, and also at erection of constructions of special purpose.

The patent information analysis on nanotechnologies has revealed presence of the order two hundred applications and patents in the field of electronics, metal alloys, bionanotechnologies, medicine and other branches. Very few development are finished to patent introduction in the field of construction. A part of applications have the closed character and remain at a level of applications without disclosing an essence of inventions.

Ключевые слова: патент, изобретение, нанотехнология, нанодобавка, наноприемь, нанобъекты, наночастица, наномасштаб, наноструктурированные материалы, строительные композиционные материалы.

Key-words: the patent, the invention, nanotechnology, nanoadditive, nanoimpurities, nan-objects, nanoparticles, nanoscale, nanostructured materials, building composite materials.

Нанотехнологии относятся к инновационным передовым направлениям развития многочисленных отраслей производства во всём мире.

По данным анализа А. Ногая («Экобалтсервис»), в РФ три четверти собственности, которая приходится на научные исследования, сегодня принадлежит государству, смешанная собственность составляет 14,3%, и только 9% – это частная собственность на исследования. Доля России в наукоемкой продукции на мировом рынке составляет 0,3–0,5%, для сравнения, США – 36, Японии – 32, Германии – 17%.

В области экспорта наукоемкой продукции Россия предлагает 3–4% от мирового объема, в то время как Китай – 22. Мы отстаем от мировых тенденций по всем показателям.

Правительственная поддержка исследований в области нанотехнологий в США, Европе и Японии уже превышает триллионы долларов. В Российской Федерации финансирование данного направления исследований на порядки ниже.

Одной из причин торможения разработки и внедрения нанотехнологий в строительство является отсутствие пропаганды отечественных разработок в данном направлении развития производства.

Нанотехнология – это область прикладной науки, занимающаяся производством материалов и изделий сверхмалых размеров и изучающая свойства различных веществ на атомарном и молекулярном уровнях. Термин *нанотехнология* произошел от слова *нанометр*, или миллимикрон – единица измерения длины, равная одной миллиардной метра.

Обзор разработок, выполненных при финансировании «Нанокорпорации», выявил много работ, не относящихся при подробном рассмотрении к нанотехнологиям, например, патенты РФ под №№2304566, 2299410, 2300410, 2307813. Действие полученных патентов институты не поддерживают, т.к. не уверены в перспективе их реализации.

В области строительства под нанотехнологиями также понимают использование нанодобавок и нанопримесей, то есть объектов нанотехнологии в виде специально сконструированных наночастиц, – частиц наномасштаба с линейным размером менее 1 мкм.

Эти нанодобавки специально разрабатываются в дополнение к уже известным и широко применяемым в строительных технологиях веществам.

Добавки нанобъектов кардинально меняют свойства материалов, повышая производительность, улучшая прочность и другие их свойства.

Для получения нанодобавки атом или химическое соединение помещают внутрь молекулярного контейнера. В роли «хозяев» рассматриваются целые классы структур: цеолиты и карцеранды (carcerand, лат. carcer – темница, тюрьма). Однако среди всего этого многообразия особое место занимают эндоэдральные комплексы на основе фуллеренов.

Основные физические формы нанобъектов и образующиеся при их взаимодействии наносистемы

| Наночастицы | Наносистемы |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Наноблоки | Твердые тела |
| Фуллерены | Кристаллы, растворы |
| Нанотрубки | Агрегаты, растворы |
| Нанокристаллы неорганических веществ | Аэрозоли, коллоиды, осадки |
| Полимерные молекулы, мицеллы | Золи, коллоиды, гели |

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ*

Сравнительно новый способ получения открытых фуллеренов основан на так называемой «молекулярной хирургии», когда посредством серии химических реакций в углеродном остове образуется отверстие.

Исследователи из Йельского университета (США) использовали в своей работе именно такие, химически «вскрытые» фуллерены с двадцати- и шестнадцатичленными кольцами. Цель работы заключалась в анализе реакций внедрения и выхода атомов благородных газов (Ne, Ar, Kr) и малых молекул (CO, N₂).

Реакции внедрения проводили следующим образом. Открытые фуллерены с двадцатичленными кольцами (рис.1) растворяли в соответствующем растворителе (для Ar, CO и N₂ использовали 1; 1,2; 2-тетрахлорэтан, а для Kr – о-дихлорбензол).

Затем полученный раствор помещали в сосуд высокого давления, сжимали вместе с исследуемым газом и выдерживали в течение не-

*INSTITUTE OF NANOTECHNOLOGY

https://www.nano.org.uk/payments/buildOrder_reports.php

Побег из фуллерена: ван-дер-ваальсовское взаимодействие / 19.05.2009

Нанотехнологии Рорпано RU/НИОКР/Исследования/

© М.Маслов, фото nano.org.uk Источник: Перст 9_08

скольких часов при необходимой температуре (для Kr – 190°C, для CO – 100°C, для Ar и N₂ – 140°C). После чего давление сбрасывали, и образец охлаждали.

Продукты реакций внедрения и их концентрацию определяли с помощью электрораспылительной масс-спектрометрии (ESI-MS) и ЯМР-спектроскопии. Для анализа кинетики реакций выхода образцы растворяли в дейтерированном хлороформе (CDCl₃) и помещали в ЯМР-трубки. После получения исходных ЯМР-спектров образцы нагревали в масляной бане, и снимали последующие ЯМР-спектры.

Процесс повторяли до тех пор, пока весь газ не выходил из фуллеренов. Авторы отмечают, что для Ne в качестве «хозяев» использовали открытые фуллерены с шестнадцатичленными кольцами (рис.2), т.к. отверстие входа/выхода у фуллеренов с двадцатичленными кольцами оказалось настолько «широким», что реакции внедрения и выхода для Ne протекали очень быстро даже при комнатной температуре.

Исходный материал (несколько миллиграммов открытых фуллеренов с шестнадцатичленными кольцами) упаковывали в алюминиевую фольгу и помещали в автоклав высокого давления. Автоклав был наполнен Ne при 500 атм. Образец нагревали до 180°C, давление при этом поднималось до 825 атм.

По истечении девяти часов автоклав охлаждали, и образец вынимали. При этом данные ESI-MS свидетельствовали о том, что 42% фуллеренов содержат Ne. Для анализа реакции выхода образец растворяли в о-дихлорбензоле и нагревали до 120°C и более высоких температур.

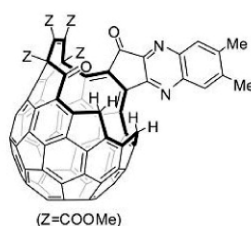


Рис. 1. Химически открытый фуллерен с двадцатичленным кольцом

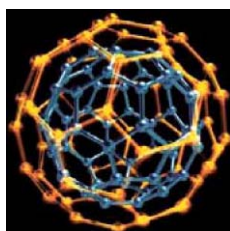
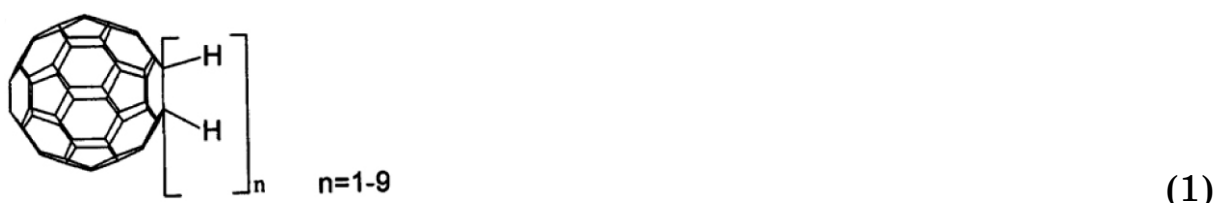


Рис. 2. Химически открытый фуллерен с шестнадцатичленным кольцом

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИГИДРО[60]ФУЛЛЕРЕНОВ

Патент №2348601

Предлагаемое изобретение относится к способу получения полигидро[60]фуллеренов формулы (1):



характеризующемуся тем, что фуллерен C₆₀ подвергают взаимодействию с диизобутилалюминийхлоридом (i-Bu₂AlCl) в присутствии катализатора цирконацендихлорида (Cp₂ZrCl₂), взятыми в мольном соотношении C₆₀: i-Bu₂AlCl:Cp₂ZrCl₂ = 1:(55–65):(0,15–0,25), предпочтительно 1:60:0,20, в атмосфере аргона в отсутствие света при температуре 60 – 100°C и атмосферном давлении в среде толуола в течение 1–5 часов, с последующим гидролизом реакционной массы. Применение данного способа позволяет получать полигидро[60]фуллерены с общим выходом после гидролиза реакционной массы 77–91%.

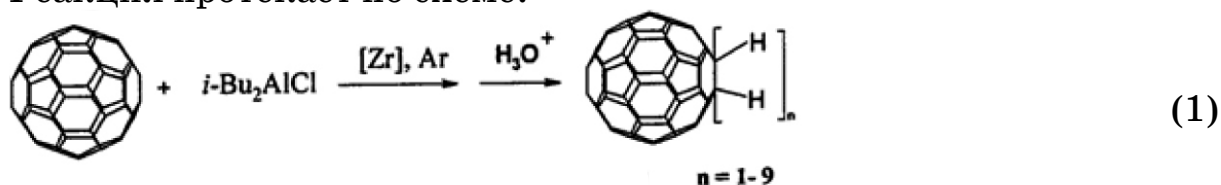
Предлагаемое изобретение относится к области органической химии, конкретно, к способу получения полигидро[60]фуллеренов общей формулы (1):



Полигидро[60]фуллерены формулы (1) могут найти применение в тонком органическом синтезе, в производстве высокоэнергетического топлива, водородных аккумуляторов.

Сущность способа заключается во взаимодействии фуллерена C₆₀ с диизобутилалюминийхлоридом (i-Bu₂AlCl) в присутствии каталитических количеств Cp₂ZrCl₂, взятыми в мольном соотношении C₆₀: i-Bu₂AlCl:Cp₂ZrCl₂=1:(55–65):(0,15–0,25), предпочтительно 1:60:0,20, в атмосфере аргона в отсутствие света при температуре 60–100°C и атмосферном давлении в среде толуола в течение 1–5 часов, с последующим гидролизом реакционной массы. Общий выход полигидро[60]фуллеренов формулы (1) составляет 77 – 91%.

Реакция протекает по схеме:



Проведение указанной реакции в присутствии катализатора Cp_2ZrCl_2 больше 0,25 моль не приводит к существенному увеличению выхода целевого продукта (1). Использование катализатора Cp_2ZrCl_2 менее 0,15 моль снижает выход целевого продукта (1), что связано, вероятно, со снижением каталитически активных центров в реакционной массе. Реакции проводили при температуре 60–100°C. При более высокой температуре (например, 120°C) не наблюдается существенного увеличения выхода целевого продукта (1), а при меньшей температуре (например, 20°C) снижается скорость реакции. Изменение соотношения исходных реагентов в сторону увеличения их содержания по отношению к исходному фуллерену[60] не приводит к существенному повышению выхода целевого продукта (1).

Существенные отличия предлагаемого способа:

В известном способе используется в качестве исходного соединения труднодоступный реагент Шварца (Cp_2ZrClH), а в предлагаемом способе в качестве исходного соединения применяется выпускаемый в промышленных масштабах $i\text{-Bu}_2\text{AlCl}$.

Предлагаемый способ, в отличие от известного, позволяет получать полигидро[60]фуллерены формулы (1).

Способ поясняется следующим примером:

В стеклянный реактор, установленный на магнитной мешалке, в атмосфере аргона помещают 40 мл осушенного толуола, 0,05 ммоль C_{60} , 0,01 ммоль катализатора Cp_2ZrCl_2 и 3 ммоль $i\text{-Bu}_2\text{AlCl}$, перемешивают 3 часа в отсутствие света при температуре 80°C. Реакционную смесь обрабатывают в атмосфере аргона в отсутствие света эфирным раствором HCl , пропускают через Al_2O_3 , растворитель упаривают в вакууме. Получают полигидро[60]фуллерены (1) с выходом 83%.

Формула изобретения

Способ получения полигидро[60]фуллеренов формулы (1)

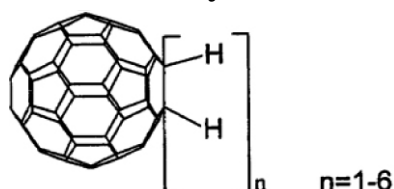


отличающийся тем, что фуллерен C₆₀ подвергают взаимодействию с диизобутилалюминийхлоридом (i-Bu₂AlCl) в присутствии катализатора цирконацендихлорида (Cp₂ZrCl₂), взятыми в мольном соотношении C₆₀: i-Bu₂AlCl:Cp₂ZrCl₂ = 1:(55–65):(0,15–0,25), предпочтительно 1:60:0,20, в атмосфере аргона в отсутствие света при температуре 60 – 100°C и атмосферном давлении в среде толуола в течение 1–5 ч с последующим гидролизом реакционной массы.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИГИДРО[60]ФУЛЛЕРЕНОВ

Патент №2348602

Способ получения полигидро[60]фуллеренов формулы (1)



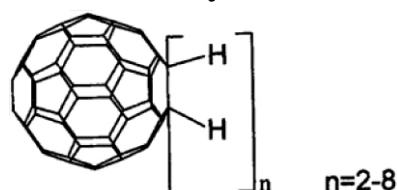
(1)

отличающийся тем, что фуллерен C₆₀ подвергают взаимодействию с диэтилалюминийхлоридом (Et₂AlCl) в присутствии порошка Mg и катализатора титаноцендихлорида (Cp₂TiCl₂), взятыми в мольном соотношении C₆₀:Et₂AlCl:Mg:Cp₂TiCl₂=1:(110–130):(55–65):(0,15–0,25), предпочтительно 1:120:60:0,20, в атмосфере аргона в отсутствие света при комнатной температуре (20–21°C) и атмосферном давлении в среде толуол-ТГФ в течение 1–3 ч с последующим гидролизом реакционной массы.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИГИДРО[60]ФУЛЛЕРЕНОВ

Патент № 2348603

Способ получения полигидро[60]фуллеренов формулы (1)



(1)

отличающийся тем, что фуллерен C₆₀ подвергают взаимодействию с диизобутилалюминийгидридом (i-Bu₂AlH) в присутствии катализатора тетраглорида циркония (ZrCl₄), взятыми в мольном соотношении C₆₀: i-Bu₂AlH:ZrCl₄ = 1:(55–65):(0,15–0,25), предпочтительно 1:60:0,20, в атмосфере аргона в отсутствие света при комнатной температуре (20–21°C) и атмосферном давлении в среде толуола в течение 1–5 ч с последующим гидролизом реакционной массы.

КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Заявка на изобретение №2000127644

Предлагаемое изобретение относится к области применения нанобъектов для получения бетонов цементных, известковых, гипсовых или на смешанных вяжущих материалах.

Рассмотрена композиция для получения строительных материалов на основе минерального вяжущего, включающая минеральное вяжущее, выбранное из группы, включающей цемент, известь, гипс или их смеси, и воду, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит углеродные кластеры фуллероидного типа с числом атомов углерода 36 и более, при следующем соотношении компонентов в композиции, мас. %:

| | |
|--|----------------|
| минеральное вяжущее | – 33–77; |
| углеродные кластеры фуллероидного типа | – 0,0001– 2,0; |
| вода | – остальное. |

Рассмотрена композиция того же состава с добавлением в качестве углеродных кластеров фуллероидного типа полидисперсных углеродных нанотрубок.

Рассмотрена композиция того же состава с добавлением в качестве углеродных кластеров фуллероидного типа полиэдральных многослойных углеродных наноструктур с межслоевым расстоянием 0,34–0,36 нм и размером частиц 60–200 нм.

Рассмотрена композиция того же состава с добавлением в качестве углеродных кластеров фуллероидного типа смеси полидисперсных углеродных нанотрубок и фуллерена C₆₀.

Рассмотрена композиция того же состава с добавлением технологических добавок, взятых в количестве 100 – 250 мас. ч. на 100 мас. ч. минерального вяжущего.

Вывод. Одним из эффективных направлений применения нанохимии в строительстве является введение в вещественный состав строительных материалов наноструктурированных функциональных добавок в дополнение к традиционным добавкам. В результате получают строительные материалы с высокими эксплуатационными свойствами, что позволяет расширить возможности строительных технологий в промышленном и гражданском строительстве.

Редакция приглашает специалистов к публикации материалов в рубрике «Патентный обзор». Контактная информация для переписки:
e-mail: kuzminavp@yandex.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

УДК 691

Светлана СТРОГАНОВА, директор «Euro-Expo.ru», Россия

Svetlana STROGANOVA, «Euro-Expo.ru» Director, Russian Federation

О НАНОМЕРОПРИЯТИЯХ В МИРЕ

ABOUT NANO-EVENTS IN THE WORLD

Приведен обзор нескольких международных мероприятий, посвященных нанотехнологиям. Это специализированная выставка и конференция Green Building Expo & Get Green Business Conference, 4-я Международная конференция по нанотехнологиям ЕвроНаноФорум-2009, 7-я Международная выставка-симпозиум по нанотехнологиям Nano Korea 2009, 10-я международная конференция по тенденциям развития нанотехнологий TNT2009, Европейская нанотехнологическая конференция и выставка Nanotech Europe 2009.

The author reviews several international events devoted to the nanotechnologies: the specialized conference-exhibition Green Building Expo & Green Business Conference, the 4th International conference on nanotechnologies Euro Nano Forum-2009, the 7th International symposium-exhibition on nano-technologies Nano-Korea 2009, the 10th International conference on the trends of development of nano-technologies TNT 2009, the European nano-technologies conference-exhibition Nanotech Europe 2009.

Ключевые слова: нанотехнологии, мероприятия, nano-индустрия, конференция, выставка, страны мира, коммерциализация открытий, нанотехнологическое сообщество, «зеленое» строительство, nano-отрасль, бетонное производство.

Key-words: nano-technologies, events, nano-industry, conference, exhibition, world countries, commercialization of discoveries, nano-technological society, «green» construction, nano-branch, concrete production.

Мировая индустрия нанотехнологий – уникальная по возможностям отрасль для воплощения передовых инновационных идей, реализации амбициозных инвестиционных проектов. Эта молодая отрасль науки и промышленности требует сотрудничества и обмена опытом ведущих специалистов и ученых всего мира. Нанотехнологии широко применяются в мире в энергетике, экологии, строительстве и других отраслях.

В последнее время во всем мире проводится все больше и больше мероприятий, посвященных нанотехнологиям. Все больше и больше стран вовлечено во внедрение нанотехнологий в промышленность. Даже страны третьего мира обратили пристальное внимание на эту тему, т.к. подобные технологии позволяют снижать затраты и улучшать качество продукции, производимой с использованием нанотехнологий.

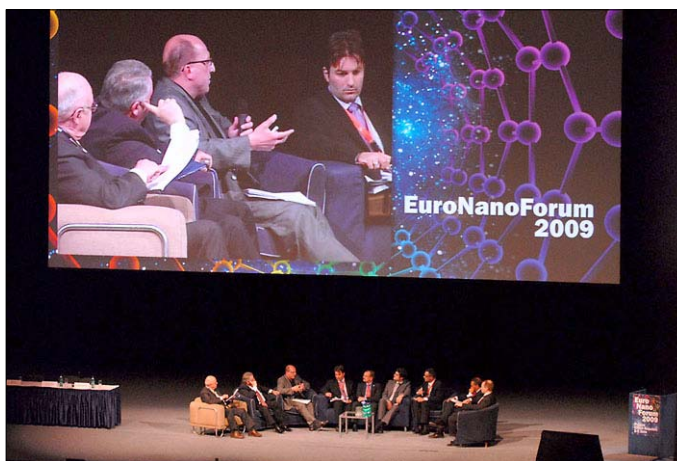
Посещение мероприятий, посвященных нанотехнологиям, является важным фактором в развитии предприятия, так как позволяет профессионалам и руководящему составу всегда быть в курсе новейших разработок, инноваций и самых современных решений. Это прекрасная возможность рассказать о своей фирме, узнать больше о современном развитии рынка в интересующей вас области, завязать новые деловые контакты.

Ниже приведен обзор нескольких ближайших мероприятий международного значения, посвященных нанотехнологиям:

Со 2 по 5 июня 2009 г. в столице Чехии Праге пройдет 4-я Международная конференция по нанотехнологиям ЕвроНаноФорум-2009.

EuroNanoForum – главный европейский конгресс, посвященный трансферу нанотехнологий из области исследований в область промышленного производства. Он соединяет вместе выдающихся ученых и исследователей, менеджеров промышленных компаний.

EuroNanoForum 2009 приурочен к периоду президентства



Светлана СТРОГАНОВА О мероприятиях в мире

Чехии в Европейском Сообществе и является официальным форумом, поддерживаемым Европейской Комиссией.

Девиз конференции – «Нанотехнология для стабильной экономики». Отдельные секции будут посвящены следующим вопросам: нанотехнологии в экологически и энергетически эффективном промышленном производстве, нанотехнологии в строительстве, нанотехнологии для производства и управления энергией, нанотехнологии и экология, будущее нанотехнологий, вопросы образования и стандартизации.

Параллельно с конференцией пройдет выставка достижений наноиндустрии, представленная ключевыми игроками европейского рынка нанотехнологий.



Страны Азии также уделяют огромное внимание нанотехнологиям. Не секрет, что многие новинки в науке и промышленности в настоящее время к нам приходят именно из Азии.

С 26 по 28 августа в Сеуле пройдет **Nano Korea 2009 – 7-я Международная выставка-симпозиум нанотехнологий**, которая поддерживается на государственном уровне.

Выставка Nano Korea проводится ежегодно с 2003 года, в числе ее организаторов – Министерство науки и технологий, Министерство торговли, промышленности и энергетики, поддержку оказывают 10 организаций, включая Ассоциацию исследователей нанотехнологий Кореи.

Nano Korea 2009 пройдет в 4 и 5 павильонах выставочного центра KINTEX. Выставка 2008 года занимала 2205 кв. м, в ней участвовало 218 компаний из 9 стран и было зарегистрировано 6154 посетителя-специалиста из 35 стран мира.

В Испании в сентябре состоится **TNT2009 – 10-я международная конференция по тенденциям развития нанотехнологий**.

Проведение конференции по нанотехнологиям TNT2009 вызвано подавляющим успехом ранее проведенных конференций. В этом году мероприятие пройдет в Барселоне (Испания), что подчеркивает

Светлана СТРОГАНОВА О наномероприятиях в мире

важность вклада ученых и специалистов Каталонии в области нанотехнологий и нанонауки на испанском и европейском уровне. Задачи конференции TNT2009 отражают фундаментальные особенности предыдущих конференций в целях обеспечения возможности широкого взаимодействия.

Специальные сессии конференции:

- наномagnetизм (организована совместно с nanoGUNE);
- нанотрубки и графен (организована совместно с GDRI).

Конференция TNT является идеальным местом встречи промышленников, академических и правительственных организаций для обсуждения общих целей и коммерциализации открытий в нанотехнологиях.

Крупнейшая ежегодная конференция и выставка по нанотехнологиям **Европейская нанотехнологическая конференция и выставка Nanotech Europe 2009** (как преемница Nanotech Northern Europe в этом году) будет проходить в Берлине (Германия) в период с 28 по 30 сентября 2009 года.

Nanotech Europe предлагает участникам широкий спектр междисциплинарных проблем и решений в нанотехнологии. Конференция предоставит возможность встречи с ведущими специалистами в различных областях нанонауки и нанотехнологии, представителями международных компаний, занимающих лидирующие позиции в нанотехнологическом сообществе.

Трудно переоценить уровень докладчиков на предыдущей конференции, среди которых были не только ведущие европейские ученые, но и научные «звезды» из США и Японии, немало лауреатов престижней-

ших международных наград, включая Нобелевскую Премию.

Организаторы конференции прогнозируют и в этот раз не менее сильный состав участников и приглашенных докладчиков. Программа конференции отличается широтой подхода и включает в себя не только законченные результаты новейших исследований и промышленных разработок, но и переходные на-



Светлана СТРОГАНОВА *О наномероприятиях в мире*

нотехнологические проблемы в электронике, энергетике, строительстве, здравоохранении, безопасности, а также вопросы успешного инвестирования.

Это только ряд ближайших мероприятий, в следующих выпусках мы подготовим обзоры дальнейших событий в наноотрасли.

Многие строительные выставки начали выделять в своих экспозициях отдельные разделы под нанотехнологии в строительстве. Это обусловлено успехами развития этой области и внедрением новых материалов и технологий. В частности, нанотехнологии стали широко применяться в бетонном производстве. Известно, что конструирование искусственных материалов с заданными свойствами, к примеру, углеродных нанотрубок, по прочности превышает сталь в 60 раз. Эти трубки широко используются в производстве нового нанобетона.

В последнее время актуальным стало использование бетона в биопозитивном «зеленом» строительстве. Эта система, созданная в США, направлена на сохранение экологического баланса, в частности, при производстве бетона и изделий из него.

На конференциях и семинарах в рамках выставок, посвященных этой теме, рассматриваются проблемы «зеленого» строительства. Прорыв в этой области обусловлен большим скачком, произошедшим в последние десятилетия в развитии технологий.

Например, в Огайо (США) в мае 2009 года пройдет специализированная выставка и конференция **Green Building Expo & Get Green Business Conference**. Большое внимание будет уделено на ней нанотехнологиям в строительстве.

В программах презентаций и панельных дискуссий деловой части форума примут участие около 1500 человек. Пройдет ряд дискуссий, в которых будут участвовать сотни представителей международного бизнеса. На презентациях этого мероприятия будут представлены новейшие продукты, технологии, компании – мировые лидеры nanoиндустрии.

Увеличивающееся с каждым годом количество международных мероприятий, посвященных развитию и внедрению новых наноматериалов в строительстве, говорит о том, что эти «прорывные технологии» открывают новые границы в строительстве «зеленых» зданий, предлагая беспрецедентную эффективность в их использовании, длительности их эксплуатации, повышении устойчивости строений, улучшении экологического

Светлана СТРОГАНОВА О наномероприятиях в мире

гических показателей и, безусловно, экономическую выгоду от использования нанотехнологий в строительстве.

Более подробную информацию о международных наномероприятиях можно получить на сайте www.Euro-Expo.ru

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» осуществляет информационную поддержку российских делегаций на международных мероприятиях, посвященных нанотехнологиям. Редакция приглашает к сотрудничеству российских и зарубежных участников наномероприятий.

**Контактная информация для переписки:
e-mail: info@nanobuild.ru**

Уважаемые коллеги!

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

Строганова С. О наномероприятиях в мире // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 1. С. 96–101. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (дата обращения: __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Stroganova S. About nano-events in the world. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 1, pp. 96–101. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_1_2009.pdf (Accessed __ __ __). (In Russian).



В МИРЕ КНИГ

Научно-техническая литература

Издательский Дом «Интеллект» выпускает научно-техническую литературу по всему спектру естественных и технических наук, современным технологиям и обеспечивает общероссийское распространение изданий во всех сегментах книжного рынка. Целевая аудитория книг Издательского Дома – студенты старших курсов, аспиранты, преподаватели высшей школы, специалисты-исследователи и разработчики.

Приоритетные тематические направления для этой аудитории выбраны в свете потребностей высшей школы и реалий мирового научно-технического развития. Отсутствие современных учебных пособий на русском языке по большому числу разделов фундаментальной и прикладной науки заставляет уделять этим областям особое внимание. Это касается новейших направлений (таких как нанотехнологии), возникших «на стыках» традиционных дисциплин.

В разделе «Новые материалы и нанотехнологии» вышли в свет и готовятся к изданию следующие книги.

Научные основы нанотехнологий и новые приборы

Пер. с англ.

Авторы: Келсалл Р., Хемли И., Джоогхеган М. (ред.)

Коллективная монография британских специалистов – одно из самых глубоких в мировой литературе обоснований создания новых материалов и приборов, структурированных в нанометровом диапазоне линейных размеров.

Материал систематизирован как по влияниям наномасштабов на физические свойства структур, так и по реализованным на практике способам создания структур, материалов и приборов. Значительное внимание уделено методам и оборудованию для исследования нано-

структур, что позволяет перейти к изложению свойств уже созданных устройств на основе неорганических полупроводников и наномангнитных материалов, углеродных нанотрубок и органических полупроводниковых соединений. Описание физико-химических технологических приёмов создания наноматериалов дано в тесной связи с обсуждением характеристик создаваемых структур.

Отдельные разделы посвящены самосборке молекулярных структур, макромолекулам на границах раздела фаз и бионанотехнологиям.

Для специалистов, студентов старших курсов и преподавателей физических, химических, биологических и материаловедческих факультетов.

Структура полимеров – от молекул до наномансамблей

Автор: Рамбиди Н.Г.

Учебное пособие составлено на основе лекций, читаемых в последние годы на физфаке МГУ. Наряду с известной книгой автора по молекулярной электронике, данное пособие представляет собой один из разделов общего курса физических и химических основ нанотехнологий. Основная особенность книги – последовательное установление связи между строением и свойствами наноструктур. Значительное внимание уделено биополимерам и ДНК, а также биоинформатике.

Для студентов и преподавателей физических, химических и биологических факультетов.

Композиционные полимерные материалы.

Характеристики прочности и технологии

Авторы: Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А. и др.

Рассмотрены способы создания и эксплуатационные характеристики композиционных материалов на основе полимерных матриц. Сравниваются характеристики волокнистых и дисперсно-наполненных композитов. В рамках различных теоретических моделей изложены методы расчета механических свойств композитов. Рассматриваются теплофизические свойства, поверхностные явления, горючесть, механизмы увеличения ударной прочности и эластичности наполненных материалов. Описаны технологические процессы получения дисперсно-наполненных композитов и армированных материалов.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и применением полимерных материалов.

Стекло и материалы на основе стекла

Автор: Саркисов П.Д. (ред.)

Стекло относится к числу тех важнейших материалов, без которых нельзя представить себе сложившуюся техническую цивилизацию. Учебно-справочное руководство содержит базовые знания в наиболее полном объеме и отражает достижения последнего времени. Даны основные научные сведения о физико-химических свойствах и технологиях стекла и стеклоизделий. Изложение систематизировано в соответствии с классификацией по химическому составу и назначению.

Наиболее детально рассмотрены важнейшие свойства этого материала для применений в наукоёмких областях, включая электронику, химию и медицину, а также промышленные стёкла крупнотоннажных производств, стеклокристаллические материалы.

Для студентов и преподавателей материаловедческих и химико-технологических специальностей, инженеров-разработчиков и технологов промышленных предприятий.

Химия новых материалов и нанотехнологии

Пер. с англ.

Автор: Фахльман Б.

Учебник-монография раскрывает роль химии в материаловедении. Особое внимание уделено химии твердого тела. Подробно представлены технологии обработки металлов и сплавов, полупроводниковые и «мягкие» органические материалы, применения полимерных добавок. В полном объеме излагаются методы диагностики материалов.

В части нанотехнологий «переднего края» описаны использование наноразмерных «строительных блоков», нульмерные и одномерные наноматериалы, лабораторные технологии получения углеродных нанотрубок, наночастиц меди, золота и оксида алюминия, никелевых нанопроволок.

Для студентов всех материаловедческих специальностей, физических и химических факультетов.

Конструкционные пластики – материаловедение и применения

Пер. с англ.

Автор: Миллс Н.

Книга известного английского специалиста выдержала уже три последовательно совершенствуемых издания. В ней компактно и четко

изложены как механические и физико-химические свойства пластических масс, так и их промышленные применения в конкретных конструкциях (от труб и компакт-дисков до тросов и биоматериалов). При этом несомненным достоинством книги является установление связи микроструктуры полимеров и композиционных материалов с характеристиками конечной продукции при использовании разных технологических процессов.

Учебно-справочное руководство будет необходимо студентам и преподавателям химико-технологических, материаловедческих и машиностроительных специальностей, конструкторам и технологам.

Керамические материалы. Свойства, технологии, применения

Пер. с англ.

Авторы: Картер С., Нортон М.

Согласно принятому в США определению, к керамическим материалам относятся все неметаллические неорганические материалы. Столь широкое определение само по себе делает книгу уникальной. В сжатом энциклопедическом изложении представлены сведения, начиная от истории производства стекла и керамики; физики и химии исходных веществ; основных представлений о фазовых равновесиях, кристаллохимии, до конкретных материалов и технологий их производства. Текст наполнен данными о показателях свойств материалов, подобно справочному изданию. Приведены сведения о самых современных разработках, таких как биоактивные керамические материалы для медицины, нанотрубки, сверхпроводники, функциональные материалы для полупроводниковой промышленности, различного рода сенсоров, датчиков, сегнето-, пьезо-, пирокерамических устройств. Детально описаны новые методы и подходы к исследованию свойств материалов. Например, изложены современные концепции механики разрушения керамики, включая вопросы замедленного разрушения, усталости, прогнозирования долговечности.

Учебно-справочное руководство необходимо студентам, аспирантам, научным работникам и специалистам, занятым в области неорганической химии, наук о материалах, технологии неорганических материалов.

**Более подробную информацию можно найти на сайте www.id-intellect.ru
Контактная информация для переписки: e-mail: solo@id-intellect.ru**

Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации

1. Авторы представляют рукописи в редакцию в электронном виде (по электронной почте e-mail: info@nanobuild.ru) в соответствии с правилами оформления материалов, приведенными в Приложении 1 (текстовой и графический материал).

2. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в Приложении 2 (указание места работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий, название и аннотация статьи, ключевые слова должны быть на русском и английском языках, контактная информация для переписки – на русском языке).

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. Статья должна сопровождаться рецензией 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 .jpg) и прислать в редакцию в электронном виде вместе со статьей.

Редакция предоставляет рецензии по запросам авторам рукописей и экспертным советам в ВАК.

5. 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.

6. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

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

8. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и за использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право внесения редакторской правки. Редакция может опубликовать материалы, не разделяя точку зрения автора (в порядке обсуждения).

9. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах будут находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках; полнотекстовые версии статей – в свободном доступе или доступными только для подписчиков не позднее, чем через год после выхода журнала.

10. Редакция не несёт ответственность за содержание рекламы и объявлений.

11. Перепечатка материалов из журнала возможна лишь 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) и оформляются следующим образом.

Оформление текста 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.

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 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 варианте.
- 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.

Оформление модулей:

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

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

Контактная информация для переписки (на русском языке)

Приложение 3

Примеры оформления библиографических ссылок

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

1. Описание книги одного автора

Описание книги начинается с фамилии автора, если книга имеет не более трех авторов. Перед заглавием пишется только первый автор.

Борисов И.И. Воронежский государственный университет вступает в XXI век: размышления о настоящем и будущем. Воронеж: изд-во Воронеж. 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. отделение, 1973. 376 с.

2. Описание книги четырех и более авторов

Описание книги начинается с заглавия, если она написана четырьмя и более авторами. Все авторы пишутся только в сведениях об ответственности. При необходимости их количество сокращают. Так же 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.

3. 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.

4. 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.

5. Описание статьи из неперiodического сборника

Любомилова Г.В. Определение алюминия в тантапониобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые метод, 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.

6. 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.

7. Описание диссертаций

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

8. Описание авторефератов диссертаций

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

9. 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.

10. 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 стандартов, 1981. 4 с.

11. 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 пищ. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В.М. Шавра. ОЦО 102ТЗ; №ГР8005-7138; Инв. №5119699. М, 1981. 90 с.

12. 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; заявлено 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; заявлено 17.04.78; опубл. 18.03.80. 3 с.

13. Описание электронных научных изданий

Иванов А.А. Синтетическая природа маски в актерском искусстве // Культура & общество: электрон. журн. М.: МГУКИ, 2004. № гос. регистрации 0420600016. URL: <http://www.e-culture.ru/Articles/2006/Ivanov.pdf> (дата обращения: 12.08.2006).

Петров Б.Б. Специфика косвенного налогообложения сделок купли-продажи цифровой продукции в США // Российский экономический интернет-журнал: электрон. журн. М.: АТиСО, 2002. № гос. регистрации 0420600008. URL: <http://www.e-rej.ru/Articles/2006/Petrov.pdf> (дата обращения: 30.05.2006).

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 |
| Зам. главного редактора | канд. техн. наук Л.А. Иванов |
| Редактор-корректор | Е.Д. Беломытцева |
| Консультанты: | доктор техн. наук И.Ф. Гончаревич |
| | канд. техн. наук В.П. Кузьмина |
| Журналисты: | И.А. Жихарева |
| | Ю.Л. Липаева |
| Дизайн и верстка | А.С. Резниченко |

Адрес редакции

Российская Федерация, 125009, Москва,
Газетный пер., д. 9, стр. 4
Internet: <http://www.nanobuild.ru>
E-mail: info@nanobuild.ru

Учредитель и издатель журнала
ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»

Дата опубликования
29 апреля 2009 г.

Минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию

Операционная система: Windows/Linux/Mac

Частота процессора: от 100 MHz и выше.

Оперативная память: 64Mb

Память на жестком диске: 20Mb

Необходимые программы:

Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше

Internet-браузер, совместимый с вашей операционной системой