



В HOMEPЕ:

IN THE ISSUE:

- IV Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве»:** присутствие в строительном сегменте наноматериалов и нанотехнологий становится все более заметным. Сегодня в совокупном мировом рынке нанопродукции и по объемам, и в денежном выражении строительство «потребляет» до 3% общего рынка наноматериалов, а в отдельных сегментах, например, нанокompозитах – до 11%, что с учетом «добавленной стоимости» в изделиях, конструкциях, зданиях и сооружениях приводит к возможному объему продаж нанотоваров и наноуслуг на уровне примерно в 95–100 млрд долларов. К 2015 году объем этого рынка может возрасти до 400 млрд долларов.
- The IV International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry»:** the presence of nanomaterials and nanotechnologies in construction segment becomes more and more evident. Today in the total world market of nanoproducts construction «consumes» up to 3% of common nanomaterials market both in amount and cost units. In some segments, for example, in nanocomposites it consumes up to 11%, taking into account «added value» in products, structures, buildings, that leads to the potential sales volume of nanoproducts and nanoservices at the level of about \$95–100 billions. By 2015 the volume of this market may increase up to \$400 billions.

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

из НАНО строится ГИГАуспех

Nanobuild.ru

GIGAsuccess is built from NANO



Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал

Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal

Научно-техническая поддержка
Российская инженерная академия

Scientific and technical support
Russian Engineering Academy

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

EDITORIAL COUNCIL

Председатель редакционного совета

Chairman of the editorial council

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

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

Члены редакционного совета

Members of the editorial council

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

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

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

KALIUZHNIY Sergei Vladimirovich – Director of Scientific and technical commission of experts, board member of RUSNANO plc, Doctor of Chemistry, Professor

КОРОЛЁВ Евгений Валерьевич – директор НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», советник РААСН, доктор технических наук, профессор

KOROLEV Evgeniy Valerjevich – Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology», National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Adviser of RAACS, Doctor of Engineering, Professor

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

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

ЛЕОНТЬЕВ Леопольд Игоревич –
член президиума РАН, академик РАН

РОТОТАЕВ 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 ИГАСУ, руководитель Ивановского
отделения РИА, академик РААСН,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук,
профессор

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

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

EDITORIAL BOARD

Chairman of the editorial board

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

Члены редакционной коллегии

БАЖЕНОВ Юрий Михайлович — научный руководитель НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», академик РИА, академик РААСН, доктор технических наук, профессор

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

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

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

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

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

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

Members of the editorial board

BAZHENOV Yuriy Mikhailovich — scientific adviser of the Research and Educational Center «Nanotechnology», National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Member of REA, Academician of RAACS, Doctor of Engineering, Professor

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

IV Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» (20–21 сентября 2012 г.).....	6
<i>Петрунин С.Ю., Попов М.Ю., Ваганов В.Е.</i> и др. Опыт применения тубулярных углеродных наноструктур в строительных материалах	65
<i>Королев Е.В., Смирнов В.А., Альбакасов А.И.</i> Наномодифицированные композиты с термопластичной матрицей	81
<i>Кузьмина В.П.</i> Создание строительных композитов многоуровневого строения при введении нанодобавок типа «снизу–вверх»	88
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	97
<i>Ивасышин Г.С.</i> Квантовый путь в новую эру измерения энтропии. Приложения квантовой механики. Часть II	98
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей	112

CONTENTS

The IV International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry» (20–21 September 2012)	6
<i>Petrulin S.Y., Popov M.Y., Vaganov V.Y.</i> et al. Application of tubular nanostructure in construction materials	65
<i>Korolev E.V., Smirnov V.A., Albakasov A.I.</i> Nanomodified composites with thermoplastic matrix	81
<i>Kuzmina V.P.</i> Creation of building multilevel structured composites by introducing of nanoadditives of type «from below–upwards»	88
On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting	97
<i>Ivasyshin H.S.</i> Quantum way to the new era of entropy measurements. Applications of quantum mechanics. Part II	98
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions	112

УДК 69



**IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
ONLINE-КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
(20–21 СЕНТЯБРЯ 2012 Г.)**

**THE IV INTERNATIONAL THEORETICAL AND PRACTICAL
ONLINE-CONFERENCE
«APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES
IN CONSTRUCTION INDUSTRY»
(20–21 SEPTEMBER 2012)**

Интернет-портал NanoNewsNet (www.nanonewsnet.ru) и электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» (www.nanobuild.ru) совместно провели IV Международную научно-практическую online-конференцию «Применение нанотехнологий в строительстве». В ней приняли участие ведущие ученые и специалисты Российской академии наук, Российской инженерной академии, Российской академии архитектуры и строительных наук, РОСНАНО, Научно-технического центра прикладных нанотехнологий (г. Санкт-Петербург), Международной инженерной академии, Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), руководители и специалисты организаций и предприятий, ученые, преподаватели вузов, сотрудники НИИ и научных центров из различных регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Internet-portal NanoNewsNet (www.nanonewsnet.ru) and electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» (www.nanobuild.ru) jointly held The IV International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry». Russian leading scientists and specialists of Russian Academy of Sciences, Russian Academy of Engineering, Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, ROSNANO, Scientific and Technical Center of Applied Nanotechnologies (Saint-Petersburg), International Academy of Engineering, International Union of Experts and Laboratories on Testing Construction Materials, Systems and Structures (RILEM), chiefs and specialists of different organizations and enterprises, scientists, lecturers of universities, research officers of scientific institutions from different Russian regions and foreign countries took part in this online-conference.

Ключевые слова: online-конференция, нанотехнологии в строительстве, нанопокрyтия, наноструктурирование, нанодобавки, нанодисперсные эмульсии и суспензии, наномодификаторы, нанотрубки, наноизоляционные покрытия.

Key-words: online-conference, nanotechnologies in construction, nanocoatings, nanostructuring, nanoadditives, nanodispersed emulsions and suspensions, nanomodifiers, nanotubes, nanoisolation coatings.

Сопредседатели оргкомитета конференции:
Co-chairmen of Conference Organizing Committee:



ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», Сопредседатель высшего инженерного совета России, Президент Российской и Международной инженерных академий, член-корреспондент РАН, эксперт РОСНАНО, доктор технических наук, профессор

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



ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович – ректор Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

TELICHENKO Valerij Ivanovich – Rector of National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Academician of RAASN, honoured man of science RF, Doctor of Engineering, Professor

Организационный комитет

БЕЛОВ Владимир Владимирович, д-р техн. наук, проф., советник РААСН, проректор по научной работе Тверского государственного технического университета, зав. кафедрой производства строительных изделий и конструкций, Почетный работник науки и образования Тверской области;

КОРОЛЕВ Евгений Валерьевич, д-р техн. наук, проф., дир. научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии», Национальный исследовательский университет «Московский государственный строительный университет», Россия;

КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович, дир. Департамента научно-технической экспертизы, член Правления ОАО «РОСНАНО», д-р хим. наук, проф.;

ПОНОМАРЕВ Андрей Николаевич, ген. дир. ЗАО «Научно-технический Центр Прикладных Нанотехнологий», проф. инженерно-строительного факультета СПбГПУ, вице-президент Нанотехнологического общества России;

ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович, нац. делегат РИЛЕМ в РФ, член Бюро РИЛЕМ, первый зам. председателя председателя ТК 465 «Строительство» Росстандарта, проф. МГСУ

Conference committee

BELOV Vladimir Vladimirovich, Doctor of Engineering, Professor, Adviser of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Vice-Rector for Scientific Work of Tver State Technical University, Head of the Chair «Building Products and Structures Manufacture», Honourable Worker of Science and Education of the Tver District;

KOROLEV Evgenij Valerjevich, Doctor of Engineering, Professor, Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology», Moscow state university of civil engineering, Russian Federation;

KALYUZHNYI Sergey Vladimirovich, Head of Department of Scientific and Technical Expertise, Member of the Executive Board of RUSNANO, Doctor of Science (Chemistry), Professor;

PONOMAREV Andrey Nikolaevich, Director General of JSC «Scientific-Technical Center of Applied Nanotechnologies», Professor of Saint-Petersburg State Polytechnical University, Vice-President of the Russian Nanotechnological Society;

FALIKMAN Vyacheslav Ruvimovich, RILEM National Delegate in Russian Federation, Member of RILEM Bureau, First Deputy Chair of TC 465 «Construction» of Rosstandart, Professor of MSUCE

IV Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» проводилась следующим образом. Организаторы запустили механизм проведения online-конференции. Посетители сайтов (www.nanonewsnet.ru и www.nanobuild.ru) задавали вопросы участникам конференции по электронной почте (e-mail: info@nanobuild.ru и e-mail: empirv@mail.ru). Оргкомитет обобщил все вопросы и направил их участникам. Предлагаем Вашему вниманию ответы участников конференции на вопросы посетителей наших сайтов.

The IV International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry» was organized in the following way. Organizers launched the procedure of online-conference. The visitors of the web sites (www.nanonewsnet.ru and www.nanobuild.ru) asked participants questions by email (info@nanobuild.ru or empirv@mail.ru). Organizing committee summarized all the questions and sent them to participants. We are glad to present you the participants' answers given to the visitors of our websites.



**ГУСЕВ Борис
Владимирович**

главный редактор
электронного изда-
ния «Нанотехноло-
гии в строительстве:
научный Интернет-
журнал», сопредсе-

датель Высшего инженерного совета
России, президент Российской и Меж-
дународной инженерных академий,
член-корреспондент РАН, эксперт
РОСНАНО, доктор технических наук,
профессор

Участники конференции достаточно
подробно ответили на вопросы, связан-
ные с применением наноматериалов
и нанотехнологий в строительстве, по-
этому более подробно отвечу как глав-
ный редактор электронного издания
«Нанотехнологии в строительстве: на-
учный Интернет-журнал» на вопросы,
адресованные редакции.

*Обращаюсь к редакции Интернет-
журнала «Нанотехнологии в строи-
тельстве». Не кажется ли вам что,
в издании очень высокий уровень тре-
бований к публикуемым материалам
(сопроводительное письмо, рецензия
и др.)?*

Д. Коробов, специалист

Уважаемый Д. Коробов!

Требования к материалам, публи-
куемым в Интернет-журнале «Нано-
технологии в строительстве», были
определены исходя из требований и ре-
комендаций различных документов.
Среди них: федеральные законы, ГО-
СТы, постановления правительства РФ,
национальные стандарты, критерии

**GUSEV
Boris Vladimirovich**

**Editor-in-Chief of Electronic Edition
«Nanotechnologies in Construction:
A Scientific Internet-Journal», Co-
chair of the Higher Engineering Coun-
cil of Russian Federation, President of
Russian and International Academies
of Engineering, Associate Member
of RAS, Expert of RUSNANO,
Doctor of Engineering, Professor**

Members of organizing committee and
other participants of the conference gave
detailed answers to the questions deal-
ing with implementation of nanomate-
rials and nanotechnologies in construc-
tion, therefore I as an editor-in-chief of
the electronic edition «Nanotechnologies
in Construction: A Scientific Internet-
Journal» will reply more fully to the
questions addressed to the editors.

*My question is addressed to the edi-
tors of Internet-Journal «Nanotechnol-
ogies in Construction». Don't you think
that the edition's requirements to the
published materials are too high (cover-
ing letter, review etc.)?*

D. Korobov, specialist

Dear D. Korobov!

The requirements to the materials pub-
lished in Internet-Journal «Nanotech-
nologies in Construction» were defined
on the basis of requirements and rec-
ommendations of different documents.
These are: federal laws, state industrial
standards, RF Government's orders, na-
tional standards, criteria for including

для включения в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук и др.

Редакция издания постоянно проводит работу по повышению качества публикуемых материалов и имиджа журнала, что приводит к изменению некоторых требований.

Например, серьезным препятствием для публикации материалов иностранных авторов о достижениях за рубежом являлся языковой барьер. Поэтому редакционный совет принял решение об изменении структуры материалов для таких авторов: текст статьи может публиковаться на английском языке. Другой пример – для включения текущих номеров Интернет-журнала в международные системы цитирования библиографический список приводится теперь и на английском языке. Таким образом, если говорить о высоком уровне требований к представляемым в редакцию материалам, то это делается только с одной целью – чтобы статья была сделана на высоком уровне во всем многообразии этого понятия.

Порядок публикации материалов в электронном издании «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» приведен в перечне требований к оформлению материалов и условиях представления статей для публикации – все это можно найти в каждом номере издания и на сайте (www.nanobuild.ru).

В информации об Интернет-журнале сказано, что авторам статей выдаются справки НТЦ «Информрегистр» Министерства связи и массовых коммуникаций РФ с иденти-

of the editions into the list of the leading peer-reviewed scientific journals and editions in which the results of Ph.D. and Doctoral theses to be published, etc.

The editors are constantly improving the quality of published materials and journal's image, that leads to the changes of some requirements.

For example, language barrier is a serious obstacle for the foreign authors who decided to publish materials on their achievements. Therefore the Editorial Council made a decision relating to the materials structure for such authors: the text of the paper can be published in English. Another example – in order to include the existing issues of the Internet-journal into international systems of citing, all references are given in English. So, if we speak about high level of requirements for the materials submitted to the publication, that is done with the only aim – to provide high quality (in all senses of this term) of the paper

The procedure of materials publication in electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» is presented in the list of requirements and conditions for materials applied to publication – all these points are given in every issue of the edition and at the website (www.nanobuild.ru).

Internet-Journal informs that authors of the papers are given references of STC «Informregistr» of Ministry of Communication and Mass Media of The Russian Federation with paper identifi-

IV Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве»

фикационным номером публикации. Что это за справки и какой у них статус?

В. Добровольский, докторант

Уважаемый В. Добровольский!

Действительно, авторам Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» выдаются справки ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР» Министерства связи и массовых коммуникаций РФ с идентификационным номером публикации. Через некоторое время после публикации статьи редакция получает из ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР» такие справки и высылает авторам. Кроме того, зарегистрированные публикации представлены в «Информационном бюллетене электронных научных изданий», размещенном на сайте ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР». Публикации в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве» учитываются при защите диссертаций (присвоении ученого звания) при условии указания в материалах аттестационного дела номера регистрации электронного издания

cation number. What are these references and what status do they have?

V. Dobrovolsky, Doctor candidate

Dear V. Dobrovolsky!

It is true that FSUE STC «INFORM-REGISTR» of Ministry of Communication and Mass Media of The Russian Federation gives references containing identification number of the publication to the authors of Internet-journal «Nanotechnologies in Construction». Some time later after paper publication the editors get these references from STC «INFORMREGISTR» and send them to the authors. Moreover registered publications are included in «Information bulletin of electronic scientific editions» at the website of by FSUE STC «INFORMREGISTR». Papers published in Internet-journal «Nanotechnologies in Construction» are given certain weight when defending a thesis (giving academic status) on conditions that the edition's registration number in FSUE STC «INFORMREGISTR» and paper's iden-



в ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР» и идентификационного номера публикации, присваиваемых ФГУП НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР». Номер регистрации издания на 2010 год – 0421000108, на 2011 год – 0421100108, на 2012 год – 0421200108, на 2013 год – 0421300108.

Какие работы (статьи, доклады и т.д.) вы можете порекомендовать для изучения вопросов получения качественно новых материалов, обладающих улучшенными свойствами по прочности, коррозионной стойкости, износостойкости?

В. Миронов (г. Краснодар)

Уважаемый В. Миронов!

25–30 сентября 2011 года в Волгограде в рамках Международного года химии, объявленного Генеральной ассамблеей ООН, состоялся XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, в работе которого я принимал участие. Большое внимание на съезде было уделено тенденциям развития современного рынка нанотехнологий и наноматериалов, которые могут использоваться в различных отраслях экономики, в т.ч. и в строительстве. Основное количество докладов было посвящено технологиям получения качественно новых материалов, обладающих улучшенными свойствами по прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и т.д. Среди них: «Синтез нанофаз в металлополимерных композициях при ударно-волновом воздействии» (авторы – Адаменко Н.А., Казуров А.В., Сергеев И.В.); «Научные основы и технологические принципы создания материалов новой техники» (автор – Волков Г.М.); «Химический аспект измельчения полимеров до микро- и наноразмера под

tification number given by FSUE STC «INFORMREGISTR» are referred in the certification file. Edition's registration number in 2010 - 0421000108, in 2011 – 0421100108, in 2012 – 0421200108, in 2013 – 0421300108.

What publications (papers, reports, etc.) can you recommend to study problems concerning obtaining qualitatively new materials possessing improved properties of strength, corrosion resistance, endurance?

V. Mironov (Krasnodar)

Dear V.Mironov!

On 25–30 September, 2011, Volgograd conducted XIX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry in which I took part. The Congress was held within the frames of the International Year of Chemistry announced by General Assembly of the United Nations Organization. Much attention was given to the tendencies reflecting the development of the present-day market of nanotechnologies and nanomaterials which can be used in different areas of economy, including construction. The major part of these reports was devoted to the technologies aimed at production of qualitatively new materials possessing improved properties on strength, wearability, corrosion resistance, etc. Some of these are: «Synthesis of nanophases in metal-polymer compositions under shock-wave impact» (authors – Adamenko N.A., Kazurov A.V., Sergeev I.V.); «Scientific bases and technological principles of material production for the new equipment» (author – Volkov G.M.); «Chemical aspect of polymer grinding up to micro- and nanosize under the influence of inten-

действием интенсивных сдвиговых напряжений» (авторы – Каплан А.М., Никольский В.Г., Чекунаев Н.И.); «От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным» (авторы – Леонтьев Л.И., Селиванов Е.Н., Пономарев В.И., Гельчинский Б.Р.); «Пленки анодного оксида алюминия как матрицы для синтеза упорядоченных массивов нанонитей» (авторы – Лукашин А.В., Напольский К.С., Елисеев А.А., Третьяков Ю.Д.); «Технология и оборудование для химической сборки материалов методом молекулярного наслаивания» (автор – Мalyгин А.А.); «Наноматериалы, синтезируемые по схеме «слой-за-слоем». Области возможного применения на практике» и многие другие. Более подробная информация приведена в [1].

sive shear stresses» (authors – Kaplan A.M., Nikolsky V.G., Chekunaev N.I.); «From ultradispersed metal and oxide powders towards nanosize ones» (authors – Leontiev L.I., Selivanov E.N., Ponomarev V.I., Gelchinsky B.R.); «Films of aluminium anodic oxide as a matrix for synthesis of ordered bodies of nanostrands» (authors – Lukashin A.V., Napolsky K.S., Eliseev A.A., Tretyakov Yu.D.); «Technology and equipment for chemical assembling of materials by the means of molecular layering method» (authors – Malygin A.A.). More information is presented in [1].



ТЕЛИЧЕНКО
Валерий Иванович

ректор Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный универси-

тет», академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

С помощью каких систем можно обеспечить эффективную подготовку специалистов в нанотехнологической сети?

С. Валов, студент

Национальная нанотехнологическая сеть – лишь один из механизмов подготовки инновационно-ориентированных специалистов. На наш взгляд, в современных условиях приоритет следует отдать сформированным при высших учебных заведениях научным подразделениям нанотехнологической направленности – научно-образовательным центрам (НОЦ). Приборная база и специализированное оснащение таких центров позволяют реализовать учебные программы, предусматривающие выполнение учащимися самостоятельных исследований в прорывных областях науки. Так, в Московском государственном строительном университете начата подготовка магистров по программе «Технология наномодифицированных строительных материалов общестроительного и специального назначения». Подготовка осуществляется на базе НОЦ «Нанотехнологии» МГСУ (www.nocnt.ru), который входит и в состав национальной нанотехнологической сети.

TELICHENKO
Valerij Ivanovich

Rector of National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Academician of RAASN, honoured man of science RF, Doctor of Engineering, Professor

What systems can provide efficient training of specialists in nanotechnological network?

S. Valov, student

National nanotechnological network – is one of the mechanisms aimed at innovation oriented specialists. In our opinion under modern conditions the priority should be given to scientific departments dealing with nanotechnologies – scientific-educational centers (SEC), established by institutions of higher education. The instrumental base and special equipment of such centers allows them to implement educational programs under the stipulation that students make research in the field of advanced scientific areas themselves. Thus, Moscow State University of Civil Engineering have started training master according to the program «Technology of nanomodified materials for general construction and special purposes». The training is carried out on the basis of SEC «Nanotechnologies», MSUCE (www.nocnt.ru) which is a part of national nanotechnological network.

Есть ли сведения о применении нанотехнологий в строительстве за рубежом?

В. Руднев, эксперт (Московская обл.)

За рубежом выполняются многочисленные исследования, направленные на реализацию нанотехнологий в строительном материаловедении. При этом достижения нанотехнологии используются как при совершенствовании материалов (прежде всего – цементных бетонов), так и в процессе изучения свойств и поведения материалов под действием эксплуатационных нагрузок. Часто отмечается, что свойства бетона как микрокомпозита существенно зависят от процессов, протекающих на наноразмерном уровне, поэтому новые знания об этих процессах открывают пути повышения и управления структурой и показателями эксплуатационных свойств материала. Практическая направленность указанных исследований отражается номенклатурой разработанных строительных материалов, в числе которых наноструктурированные материалы общестроительного и функционального назначения.

What information about implementation of nanotechnologies in construction in foreign countries is available?

V. Rudnev, expert (Moscow region)

Much research aimed at realization of nanotechnologies in construction materials science is carried out abroad. At that the nanotechnological achievements are used both to improve the materials (first of all – cement concretes) and to study properties and behaviour of materials under operational loads. It is often pointed out that the properties of concrete as microcomposite significantly depend on the processes running at the nanosize level. Therefore the new knowledge on these processes show the way for improving and controlling the structure and parameters of operational characteristics of the material. Practical tendency of the mentioned research is reflected by the range of developed constructional materials including nanostructured materials of general construction and functional purpose.



КАЛЮЖНЫЙ
Сергей
Владимирович

директор
Департамента научно-технической экспертизы,
член Правления

ОАО «РОСНАНО», доктор химических наук, профессор

KALIUZHNIY
Sergei
Vladimirovich

Head of Department of Scientific and Technical Expertise, Member of the Executive Board of RUSNANO, Doctor of Science (Chemistry), Professor

Каковы основные направления применения нанотехнологии при производстве строительных материалов?

П. Дорова, эксперт

Уважаемая госпожа Дорова!

Внедрение нанотехнологий возможно практически в любой области производства строительных материалов, среди них: производство конструкционных материалов (базальтопластиков, углепластиков), теплоизоляционных материалов, огнестойких кабельных и облицовочных материалов, трубной продукции. Кроме того, ведутся научные исследования в области наномодифицирования бетонов с целью изменения скорости затвердевания, придания им гидрофобных свойств, морозостойкости и повышенной стойкости к коррозии.

Как можно оценить экономическую эффективность внедрения нанотехнологии?

В. Карпов, д-р техн. наук

Уважаемый господин Карпов!

Эффективность любого инновационного, в том числе нанотехнологического, проекта характеризуется системой показателей, отражающих соотношение результатов проекта и затрат на

What are the main applications of nanotechnology in the field of construction materials production?

Dear Mrs. Dorova!

Dear Mrs. Dorova!

Implementation of nanotechnologies is possible in nearly any area of engineering materials production. Among them there are production of construction materials (basalt fiber reinforced plastics, carbon fiber composites), thermo-insulating materials, fireproof cables and facing materials, pipe production. Moreover, some research is conducted in the field of concretes nanomodification in order to change their hardening rate, to provide them with hydrophobic characteristics, frost resistance and high corrosion resistance.

How can one estimate economic efficiency of nanotechnology implementation?

V. Karpov, Doctor of Engineering

Dear Mr. Karpov!

Economic efficiency of any innovative project, including those in nanotechnology, can be characterized by the system of indicators which represent the ratio between economic results obtained and

его осуществление. При этом ввиду неравнозначности одновременных показателей их сравнение осуществляется с учетом дисконтирования, т.е. сравниваются только величины, приведенные к начальному периоду.

Следует также учесть, что до принятия решения о внедрении инноваций следует рассмотреть альтернативные варианты осуществления проекта и оценить экономическую эффективность каждого из них, выбрав наиболее выгодный.

Какие основные направления применения нанотехнологий в строительстве рассматривает РОСНАНО настоящее время?

В. Добровольский, докторант

Уважаемый господин Добровольский!

Спектр проектов РОСНАНО, направленных на применение нанотехнологических подходов в строительстве, очень широк, среди них: производство базальтовых волокон и материалов на их основе, модификаторов дорожных покрытий, теплоизоляционных материалов из вспененного стекла, препрегов, используемых для армирования бетонных конструкций, огнестойких полимеров для кабельных и фасадных конструкций.

Отдельно стоит отметить проекты РОСНАНО, посвященные водоподготовке и производству систем очистки и обеззараживания воздуха, а также проект по производству светодиодных ламп. Кроме того, в 2012 году начато финансирование проекта по производству стирол-акриловых дисперсий, использование которых позволит увеличить твердость, блеск, адгезию и стойкость покрытий к внешним воздействиям.

expenditures incurred. One should note that only values dating from the same period can be compared, thus, all economic values should be normalized using discounting method.

Any possible alternatives of the project implementation should be considered before the decision is made, their economic efficiencies should be compared to choose the most profitable variant.

What are the main areas of construction nanotechnologies application being considered by RUSNANO today?

V. Dobrovolsky, Doctor candidate

Dear Mr. Dobrovolsky!

The range of RUSNANO projects directed on development of nanotechnological applications in construction industry is very broad. Among them there are: production of basalt fibers and related materials, pavement modifiers, foam glass thermo-insulating materials, prepregs which can be used for concrete structures reinforcement, fireproof polymers for cable and facade structures.

RUSNANO projects concerning water treatment, air clearance and disinfecting systems as well as the project devoted to LED production are also worth to be pointed out. Besides, financing of a new project dealing with styrene-acryl dispersions production the use of which allows increasing of hardness, glitter, adhesion and coating resistance to outer impacts has been started in this year.



ПОНОМАРЕВ
Андрей
Николаевич

генеральный
 директор ЗАО «НТЦ
 Прикладных
 Нанотехнологий»,
 профессор СПбГПУ,

вице-президент
 Нанотехнологического общества
 России

PONOMAREV
Andrey
Nikolaevich

Director General of JSC «Scientific-
 Technical Center of Applied
 Nanotechnologies», Professor
 of Saint-Petersburg State
 Polytechnical University,
 Vice-President of the Russian
 Nanotechnological Society

Что вы можете сказать о новых свойствах строительных материалов на основе наносистем?

В. Борисов, технолог
 (Республика Казахстан)

Свойства строительных материалов весьма многообразны по номенклатуре. Можно выделить некоторые из них, в максимальной степени определяющие параметры возводимых сооружений:

- прочность;
- долговечность;
- дуктильность, т.е. способность противостоять разрушению в условиях предельных нагрузок.

Любые методы воздействия на мезоструктуру строительных материалов с целью ее улучшить или попытки такие методы создать и использовать – это путь к повышению вышеупомянутых характеристик. Поэтому я могу сказать, что новые знания физико-химии мезоструктуры материи вообще и мезоструктур строительных материалов, в частности, приводят к созданию все более качественных и разнообразных строительных материалов, для которых повышение основных свойств на порядок – далеко не предел.

What is your opinion about new properties of construction materials based on the nanosystems?

V. Borisov, technologist
 (Kazakhstan Republic)

The range of construction materials properties is very broad. It is possible to point out some of them which determine parameters of the erected buildings at the maximal degree:

- strength;
- durability;
- ductility, e.g. ability to resist to destruction under the ultimate loads.

Any methods aimed at improvement of construction materials mesostructure or any attempts to create and use such methods – this is the way to increase the characteristics mentioned above. Therefore I can say that new knowledge in the area of physics and chemistry of matter's mesostructure and particular mesostructure of construction materials makes it possible to develop more qualitative and various materials for which the improvement of basic properties by orders is far to be the limit.

Каковы основные направления применения нанотехнологии при производстве строительных материалов?

П. Дорова, эксперт

Применение новых знаний физико-химии мезоструктуры материи вообще и строительных материалов, в частности, дает разработчикам в руки мощные инструменты решения задач, которые раньше даже и не мыслилось формулировать. Полный перечень направлений строительного материаловедения, прогресс развития которых уже очевиден, меняется и расширяется очень быстро. Их перечисление уже сейчас займет немало времени, но совсем кратко:

- новая расширенная гамма строительных композиций на минеральных вяжущих (новые высококачественные композиционные бетоны), в том числе высококачественные легкие конструкционные, легкие и высокопрочные гидроизоляционные композиции, новые эффективные композиции для ядерной энергетики и т.д.;
- новые комбинированные конструкционные материалы, одновременно и на минеральных вяжущих, и одновременно с применением полимерных связующих с высоким эксплуатационным ресурсом;
- новая нанокомпозитная арматура, высокопрочная и некорродирующая и потенциально недорогая;
- новые высокопрочные противовандально-декоративные и антикоррозионно-гидроизолирующие технологичные композиционные покрытия;
- методы управления подвижностью и повышением эффективности гиперпластификаторов.

Уже несколько устаревший концептуальный обзор по этому поводу опу-

What are the main applications of nanotechnology in the field of construction materials production?

P. Dorova, expert

The implementation of new knowledge about physics and chemistry of matter's mesostructure and particular construction materials gives powerful tools to scientists to solve such problems which were hardly to be formulated earlier. The full list of the construction materials science areas which development process is already evident varies and widens very fast. To itemize them one need a lot of time but in brief:

- new broaden range of construction compositions based on mineral binders (new high quality composite concretes) including light structural, light and high strength water proof compositions, new effective compositions for nuclear power engineering, etc.;
- new combined constructional materials made on the basis of mineral binders and at the same time with the use of polymer binders with long operational life;
- new nanocomposite reinforcement, high-strength and noncorrosive, and potentially inexpensive;
- new high-strength antivandal- decorative and anticorrosive moistureproof technological composite coatings;
- methods to control the flowability and to improve the efficiency of hyperplasticizers.

A conceptual review on this subject which is already a bit out-of-date was published in Engineering construction journal in 2009 [2].

бликован в Инженерно-строительном журнале в 2009 г. [2].

Существуют ли математические квантовые и другие виды моделей для исследования свойств наноматериалов?

Р. Павлова, аспирант

Если говорить именно и только о самих наноматериалах, то для многих из них разработаны интересные математические модели и эти модели публикуются сейчас практически во всех изданиях, которые хоть как-то касаются темы наноматериалов. Однако, гораздо более важным, на мой взгляд, являлись бы математические модели (в условиях применимости нерелятивистской механики и невозможности применения категорий термодинамики), которые описывали бы закономерности взаимодействия кластеров вещества и давали бы разработчику в руки инструмент для управления строением материи на уровне ее мезоструктуры. Как отдельный пример, могу дать такую ссылку [3].

Что вы можете сказать о полимерных нанокomпозиционных материалах с высокой коррозионной стойкостью и прочностью?

В. Карпов, д-р техн. наук

Если использовать уже известные методы управления мезоструктурой веществ, такие как модификация и уплотнение межфазных границ в композитах с использованием резонансного усиления Ван-дер-Ваальсовского, взаимодействия за счет введения в состав композитов тороподобных наночастиц – астраленов, а также повысить стабильность полимерных ком-

Are there mathematical quantum and other types of models to study the properties of nanomaterials?

R. Pavlova, Post-graduate student

If we speak only about nanomaterials themselves, for many of them interesting mathematical models have been developed. These models are being published almost in all editions dealing somehow with nanomaterials. However in my opinion the mathematical models (under conditions of application of non-relativistic mechanics and impossibility to use thermodynamics entities) which could describe the laws of substance clusters interaction and provide a scientist with a tool to control the substance structure at the level of its mesostructure are of greater importance. As a single example, I'd recommend the following reference [3].

What is your attitude to the polymer nanocomposite materials with high corrosion resistance and durability?

V. Karpov, Doctor of Engineering

If one uses already known methods to control substance mesostructure, such as modification and compression of interfacial boundaries in composites with the use of Van der Waals resonant amplification, interaction due to introduction of torus-like nanoparticles, astralens, into composites, as well as to increase stability of polymer components of such composites due to inhibition of photo-, ther-

понентов таких композитов за счет ингибирования реакций фотоокислительной, термоокислительной и радиационноокислительной деструкции путем введения в их состав достаточно крупных кластеров с обобществленной π -электронной системой, то можно получить, например, композиционное самоуплотняющееся покрытие «ЭпоксипАН» с прочностью на сжатие более 70 МПа, адгезией (к бетону) более 3,5 МПа, водонепроницаемостью W20, истираемостью не более 0,1 г/см², биостойкостью 5 баллов, стойкостью к суточному кипячению в 30% серной кислоте на уровне изменения массы образца не более 1% масс и эксплуатационным ресурсом более 30 лет.

Как можно оценить экономическую эффективность внедрения нанотехнологии?

В. Карпов, д-р техн. наук

Экономическую эффективность трудно определять всегда, когда рыночным принципам подчиняется менее 10% промышленного рынка. Но все равно, основной критерий – показатель цена-качество – остается. Если те или иные технологии, включая нанотехнологии в строительном материаловедении, дают возможность экономить, например, на сроках проведения тех или иных работ, то резко снижается доля и роль накладных расходов. Это, безусловно, интересно любому заказчику, даже государственному. И тогда происходит совпадение интересов участников производственного процесса и инноваторов. И в этом случае расчет экономического эффекта престаает быть схоластикой.

mo- and radiationoxidative degradation by the means of introduction of large clusters with collectivized π -electronic system one may obtain composite self-packing coating «EpoxyPAN», the characteristics of which are: compression strength – more 70MPa, adhesion (to the concrete) – more 3,5 MPa, water impermeability – W20, abrasability is less then 0,1 g/cm², biostability – 5 points, resistance to diurnal boiling 30% in sulphuric acid at the level of specimen mass change not more 1% of mass and operational resource is more than 30 years.

How can one estimate economic efficiency of nanotechnology implementation?

V. Karpov, Doctor of Engineering

It is difficult to determine economical efficiency when less than 10% of industrial market functions according to the market principles. Despite of this the criterion – indicator «price-quality» – is still the basic one. If some technologies including nanotechnologies in construction materials science allows savings, for example, in works makespan, the part and the role of indirect costs decrease too. Definitely, any type of client including state one s interested in that. This is the point where the innovators' interests meet with industrial process participants' interests. In this case calculation of economic efficiency doesn't become scholastics any more.

Существуют ли наноматериалы, незначительные добавки которых обеспечивают улучшение свойств строительных композитов?

Е. Радова, инженер

Да, существуют. Например, введение (но введение по определенной технологии) всего лишь 10^{-5} – 10^{-6} масс. % астраленов в состав мелкозернистых бетонных смесей позволяет повысить прочность на сжатие созревших бетонов на 35–40%.

Слышал, что для модификации свойств высокопрочного бетона в его состав вводили фуллеренсодержащую модифицирующую добавку – углеродные наноматериалы. Если возможно, прошу привести основные результаты таких исследований.

А. Соков, аспирант

Для мелкозернистых высококачественных бетонов при введении в их состав не более 5×10^{-5} масс. % астраленов – полиэдральных многослойных углеродных наночастиц фуллероидной природы тороподобной формы – наблюдается повышение на 25–40% их прочности на сжатие, уплотнение микрокапиллярной структуры с повышением показателя водонепроницаемости до W18-20. По этому поводу существует достаточно много публикаций в рецензируемой научно-технической прессе, например [2].

Каким нанодобавки обладают характеристическим свойством, новым и отличным от аналогичного свойства макрообъекта того же состава?

Геннадий Юрьев
(Академгородок, г. Новосибирск)

Are there any nanomaterials which additives taken in small quantities improve the characteristics of construction composites?

E. Radova, engineer

Yes, there are. For example, the introduction (according to certain technology) of only 10^{-5} – 10^{-6} mass. % of astralens into the composition of fine-grained concrete mixtures makes it possible to increase the compression strength of hardened concretes by 35–40%.

I heard that to modify the properties of high-strength concrete fullerene-containing modifying additive – carbon nanomaterials – was introduced into its composition. If it is possible, I kindly ask you to tell us about the main results of these researches.

A. Sokov, Post-graduate student

When no more than 5×10^{-5} mass. % of astralens – polyhedral multilayer carbon torus-like shape nanoparticles of fulleroid nature – are introduced into the composition of fine-grained high-quality concretes, one may observe that compression strength of them increases by 25–40%, microcapillary structure is packed and water impermeability increases up to W18-20. Many papers describing this process have been published in peer-reviewed technical editions, for example, in [2].

What characteristic property – the new one which is different from the similar property of macroobject of the same composition – is possessed by nanoadditives?

Gennady Yuriev
(Akademgorodok, Novosibirsk)

Астралены – полиэдральные многослойные углеродные наночастицы фуллероидного типа тороподобной формы – обладают свойством резонансного усиления внешнего электрического поля в пространстве вблизи своей поверхности, чем не обладают макрообъекты, выполненные из углерода любой природы [3].

Есть ли сведения о применении нанотехнологии в строительстве за рубежом?

В. Руднев, эксперт (Московская обл.)

Да, есть, и достаточно много. При этом существуют примеры трансферта и российских нанотехнологий за рубежи России. Но в отличие от информационной сферы РФ, за рубежом – в ЕС и в США – люди себя очень любят и ценят, и поэтому, едва услышав что-то неясное, но на тему об экологической вредности наноматериалов, сразу же требуют исключения этих, возможно вредных нововведений из соседства с собой. Поэтому внедрение наноматериалов, которое остановить нельзя, если это в реальности выгодно производителю или создает возможность появления новых продуктов, идет не под фанфары, а тихо и без излишней прессы, внутри самих производящих корпораций.

В качестве примера – лицензионное соглашение о внедрении российской технологии легких высокопрочных бетонов на основе использования астраленов как модификаторов в составе этих бетонов проходит во Франции под эгидой простой разработки нового легкого бетона с товарной маркой «Астрофлекс».

Astralens – polyhedral multilayer carbon torus-like shape nanoparticles of fulleroid nature – possess the property of resonant amplification of outer electric field in the space near their surface. The macroobjects made of carbon of any nature lack this property [3].

What information about implementation of nanotechnologies in construction in foreign countries is available?

V. Rudnev, expert (Moscow region)

There is a lot of information on construction nanotechnologies application in foreign countries. There are also examples demonstrating how Russian nanotechnologies are transferred abroad. Compared with the information sphere of RF, in foreign countries – EU and USA – people take great care about themselves and therefore in the case if they hear something unclear but associated with ecological insalubrity of nanomaterials, they immediately demand to isolate them from the neighborhood with such harmful innovations. Therefore implementation of nanomaterials which is cannot be stopped if it is profitable for manufacturer or it results in new products is conducted inside the producing corporations without any sensations but very quiet and avoiding mass media.

As an example – licensed agreement on implementation of Russian technology of light and high strength concretes made on the basis of astralens as modifiers is being held as the development of a new light concrete «Astroflex» in France.



ФАЛИКМАН
Вячеслав Рувимович

Национальный
делегат РИЛЕМ
в Российской
Федерации,
член Бюро РИЛЕМ,
первый заместитель

председателя ТК 465 «Строительство»
Росстандарта, профессор МГСУ

FALIKMAN
Vyacheslav Ruvimovich

RILEM National Delegate in Russian
Federation, Member of RILEM Bureau,
First Deputy Chair of TC 465
«Construction» of Rosstandart,
Professor of MSUCE

Объединенный ответ на вопросы:

В мае 2012 года в Греции проводился IV Международный симпозиум по нанотехнологиям в строительстве (NICOM4). Просим сообщить всю имеющуюся информацию по этому мероприятию. Принимали ли участие российские специалисты в симпозиуме?

С. Колин, строитель (г. Владивосток)

Известно, что самой значимой международной встречей ведущих мировых экспертов в области нанотехнологий в строительстве является Международный симпозиум по нанотехнологиям в строительстве (NICOM). В этом году он проходил в четвертый раз. Какие проблемы рассматривались на симпозиуме, обозначены ли основные направления развития и применения нанотехнологий в строительной отрасли? Планируется ли проведение подобного мероприятия в России?

А. Тропина, преподаватель

IV Международный симпозиум по нанотехнологиям в строительстве (NICOM4) проходил 20–22 мая 2012 года в г. Агиос Николаос, Греция. Он собрал 108 участников из 32 стран мира.

Common answer to the questions:

In May, 2012, Greece saw the IV International Symposium on Nanotechnologies in Construction (NICOM4). We kindly ask you to present all available information concerning this event. Did the Russian specialists take part in the symposium?

S. Kolin, builder (Vladivostok)

International Symposium on Nanotechnologies in Construction (NICOM) is known to be the most important international meeting of the leading experts in the field of construction nanotechnologies. This year it took place the fourth time. What problems were considered at symposium? What are the main areas of nanotechnologies development and implementation in construction which were outlined? Is the similar event planned to be held in Russia?

A. Tropinina, lecturer

The IV International Symposium on Nanotechnologies in Construction (NICOM4) was held on 20–22 May 2012 in Agios Nikolaos, Greece. 108 participants from 32 countries took part in it.

Наиболее представительными были делегации Испании, США и Германии. Россия была представлена 5 специалистами из Москвы и Белгорода.

Основная тематика симпозиума была сконцентрирована в 11 рабочих секциях:

- использование наночастиц в строительных материалах;
- применение фотокатализа на TiO_2 в строительных материалах;
- наномеханические свойства цементных материалов;
- нанотехнологическое улучшение конструкционных материалов;
- наноматериалы в культурном наследии;
- применения наноматериалов в строительстве;
- наноструктурированные модифицированные строительные материалы;
- современные методы и оборудование для определения характеристик на наношкале;
- наномеханическое определение характеристик наноструктур и тонких пленок;
- компьютерное моделирование цемента и бетонов на атомной шкале;
- проекты в рамках Программы Европейской комиссии NMP-E2B.

Этой же тематике отвечали и заслушанные пленарные доклады. Большой интерес у участников симпозиума вызвал доклад «Перспективы развития российского рынка наноматериалов и нанотехнологий в строительстве до 2020 года», представленный на Общей сессии Российской инженерной академией и РОСНАНО.

Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» являлся официальным информационным партнером Международного симпозиума по нанотехнологиям в строительстве (NICOM4). Орга-

Most delegates came from Spain, USA and Germany. Russia was represented by 5 specialists from Moscow and Belgorod.

The main topics of Symposium were focused in 11 workshops:

- the use of nanoparticles in construction materials;
- the application of TiO_2 photocatalysis in construction materials;
- nanomechanical properties of cement-based materials;
- nanotechnological improvement of structural materials;
- nanomaterials in cultural heritage;
- application of nanomaterials in construction;
- nanostructured modified construction materials;
- advanced methods and tools for determination of characteristics at nanoscale;
- nanomechanical characterization of nanostructures and thin films;
- computer modeling of cements and concretes at the atomic scale;
- projects within the frames of European Commission Program NMP-E2B.

The same topics were treated in the delivered plenary reports. The report «Development of Russian market of nanomaterials and nanotechnologies in construction till 2020» presented during General Session by Russian Engineering Academy and RUSNANO was of great interest for Symposium's participants.

Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» is an official information partner of the International Symposium on Nanotechnologies in Construction (NICOM4). Organizing Committee of NICOM4 presented the Certificate to the edition.

низационный комитет NICOM4 вручил изданию Сертификат.



Следующий Симпозиум NICOM5 по общему решению участников состоится в 2015 году в Чикаго, США.

Оргкомитет предлагал России рассмотреть вопрос о возможности проведения следующего Симпозиума в Москве, но в связи с подготовкой Международной конференции по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – взгляд в будущее», которая будет проходить в 2014 году на базе РАН, мы решили вернуться к этому предложению позднее.

Объединенный ответ на вопросы:

Каковы основные направления применения нанотехнологии при производстве строительных материалов?

П. Дорова, эксперт

Есть ли сведения о применении нанотехнологии в строительстве за рубежом?

В. Руднев, эксперт (Московская обл.)

Присутствие в строительном сегменте наноматериалов и нанотехнологий становится все более заметным. Сегодня в совокупном мировом рынке нанопродукции и по объемам, и в денежном выражении строительство «потребляет» до 3% общего рынка наноматериалов,

According to the common decision of participants the next Symposium NICOM5 will take place in Chicago, USA, in 2015.

Organizing Committee offered Russia to consider possibility to hold the next Symposium in Moscow but as we are organizing International Conference on Concrete and Reinforced Concrete «Concrete and Reinforced Concrete – Glance at Future» which will take place in 2014 in RAS we decided to regard this suggestion later.

Common answer to the questions:

What are the main applications of nanotechnology in the field of construction materials production?

P. Dorova, expert

What information about implementation of nanotechnologies in construction in foreign countries is available?

V. Rudnev, expert (Moscow region)

The presence of nanomaterials and nanotechnologies in construction segment becomes more and more evident. Today in the total world market of nanoproducts construction «consumes» up to 3% of common nanomaterials market both in amount and cost units. In some

а в отдельных сегментах, например, нанокompозитах – до 11%, что с учетом «добавленной стоимости» в изделиях, конструкциях, зданиях и сооружениях приводит к возможному объему продаж нанотоваров и наноуслуг на уровне примерно в 95–100 млрд долларов. К 2015 году объем этого рынка может возрасти до 400 млрд долларов.

Детальный анализ и долгосрочный прогноз развития исследований и применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве показывает, что на сегодня заметно выделяются несколько сегментов рыночной активности. Наиболее привлекательные сегменты строительного рынка:

Сегмент	Величина рынка, млрд дол.	Прогнозируемый рост в 2012–2015 гг.
Краски и покрытия	6	50%
Цемент и бетон	5,6	10%
Стекло	0,7	15%
Битум и полимеры	0,5	10%
Изоляция	0,3	50%
Дерево	0,3	12%
Керамика	0,2	15%
Сталь, арматура	0,2	10%
«Умные» материалы	0,05	40%

На первые пять сегментов приходится более 90% от всей нанотехнологической продукции в строительных материалах.

Что вы можете сказать о полимерных нанокompозиционных материалах с высокой коррозионной стойкостью и прочностью?

В. Карпов, д-р техн. наук

Нанокompозиты занимают примерно 11% общего рынка нанопродукции.

segments, for example, in nanocomposites it consumes up to 11%, taking into account «added value» in products, structures, buildings, that leads to the potential sales volume of nanoproducts and nanoservices at the level of about \$95–100 billions. By 2015 the volume of this market may increase up to 400 milliards of dollars.

Detailed analysis and long-term forecast of the research development and implementation of nanomaterials and nanotechnologies in construction marks out several segments of market activity. The most attractive segments of construction market are:

Segment	Volume of the market, mlrd doll.	Forecast growth for 2012–2015
Paints and coatings	6	50%
Cement and concrete	5,6	10%
Glass	0,7	15%
Bitumen and polymers	0,5	10%
Isolation	0,3	50%
Wood	0,3	12%
Ceramics	0,2	15%
Steel, reinforcement	0,2	10%
«Smart» materials	0,05	40%

The first five segments cover 90% of all nanotechnological products in construction materials.

What is your attitude to the polymer nanocomposite materials with high corrosion resistance and durability?

V. Karpov, Doctor of Engineering

The market share of nanocomposites is about 11% of total nanoproducts mar-

Их производство (а это от 50 до 100 компаний различной величины) в достаточной степени дифференцировано, в него вовлечены производители синтетических смол, самыми крупными из которых являются BASF и GE Plastic, производители наполнителей (Nanocor, Southern Clay Products), компаундеры (Foster Corp., RTP) и, наконец, производители конечных продуктов, представленные как очень мелкими, так и очень крупными фирмами. Совокупный общий рынок нанокompозитов в 2007 году составлял 252 млн долларов в денежном выражении и 23200 т – в натуральных показателях. 70% общего объема продаж приходилось на четыре компании: Ube, Unitika, Bayer и Dow Chemical.

Вместе с тем, это очень быстро растущий рынок (CAGR в 2008–2014 гг. составляет 24–28%). Лидером роста будут композиты с высокими противопожарными (огнеупорными) свойствами (CAGR – более 42%).

Строительный сегмент «потребляет» сегодня более четверти общего рынка нанокompозитов. Основной «нанопроduct» – особопрочные напольные покрытия на основе полиуретанов и наноксид алюминия, объем производства которых к 2014 году достигнет 11 тыс.т. (43 млн долларов) – CAGR 10%. Главные их производители – Rittsburgh, Paint & Glass, Vaispar.

В 2007 году 35% совокупного потребления нанокompозитов в стоимостном выражении приходилось на композиты, модифицированные наноглинами. К 2014 году прогнозируется, что нанокompозиты на основе глины увеличат рыночную долю до 44%.

В то же время, композиты на углеродных нанотрубках будут терять свою рыночную долю с 22% примерно до 7,5%.

ket. The production of nanocomposites (approximately 50–100 companies of various size) significantly differs from each other, it involves manufacturers of synthetic resins, the largest among which are BASF and GE Plastic, filler manufacturers (Nanocor, Southern Clay Products), compounders (Foster Corp., RTP) and finally manufactures of consumptive use products which are represented both by very small and very large firms. The aggregate total market of nanocomposites was \$252 mln in value terms in 2007 and 23200 tons – in natural exponents. Four companies Ube, Unitika, Bayer and Dow Chemical controlled 70% of total sales volume.

But at the same time that is the high growth market (in 2008–2014 CAGR was 24–28%). Composites with high fire-proof properties will be leaders in growth (CAGR – more 42%).

Today construction segment «consumes» more than a fourth of the total market of nanocomposites. The basic «nanoproduct» – very high strength durable floor coverings based on polyurethane and nano-aluminium oxide, the production of which will have reached 11 thousands of tons (43 mm dollars) by 2014 – CAGR 10%. The major manufacturers – Rittsburgh, Paint & Glass, Vaispar.

In 2007 35% of the aggregate consumption of nanocomposites in value terms belonged to composites modified by nanoclay. Nanocomposites based on nanoclay are forecasted to increase their share in market up to 44% by 2014. At the same time composites based on carbon nanotubes will lose their share from 22% to 7,5% approximately.

В Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве» была опубликована информация о проведении Российской инженерной академией и консалтинговой компанией «Booz & Co.» отраслевого технологического исследования «Развитие рынка строительной нанотехнологической продукции в России до 2020 года». Есть ли результаты этого исследования?

В. Карпов, д-р техн. наук

В настоящее время полностью закончены первые два этапа этого исследования – анализ мирового рынка наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и анализ российского рынка, выполнен SWOT-анализ, оценены драйверы и барьеры развития рынков. На завершающем третьем этапе будут построены «дорожные карты» по пяти – шести наиболее перспективным сегментам строительного рынка и предложены для реализации наиболее интересные на сегодня инвестиционные проекты и стартапы.

Объединенный ответ на вопросы:

Существуют ли наноматериалы, незначительные добавки которых обеспечивают улучшение свойств строительных композитов?

Е. Радова, инженер

Что Вы можете сказать о применении нанопорошков различной природы для модификации свойств строительных материалов?

К. Бордов, инженер-строитель

Для начала важно отметить, что под термином «нанотехнологическая продукция» подразумевают промышленную и потребительскую продукцию, созданную с использованием наномате-

Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» published information on industrial technological research «Development of construction nanotechnological products market in Russia until 2020» held by Russian Engineering Academy and consulting company «Booz & Co.». Are there any results of this research?

V. Karpov, Doctor of Engineering

At present the first two stages of this research have been completed – analysis of world market of nanomaterials and nanotechnologies in construction and analysis of Russian market, SWOT-analysis has been executed; drivers and obstacles of market development have been evaluated. In the closing third stage «road maps» will be developed for five-six the most perspective segments of construction market and the most interesting investment projects and start-ups will be offered for execution.

Common answer to the questions:

Are there any nanomaterials which additives taken in small quantities improve the characteristics of construction composites?

E. Radova, engineer

What is your opinion about application of nanopowders of different nature to modify the properties of construction materials?

K. Bordov, civil engineer

First of all, one should note that the term «nanotechnological products» implies industrial and consumer products created with the use of nanomaterials/nanotechnologies. The term «nanotech-

риалов/нанотехнологий. Как правило, выделяют три группы нанотехнологической продукции:

- первичная нанотехнологическая продукция – продукция (нанообъекты, наносистемы, особо чистые вещества), созданная непосредственно с применением нанотехнологий, включая базовое сырье и полуфабрикаты для nanoиндустрии (в частности, нанопорошки и наноматериалы);
- наносодержащая продукция – продукция (товары), содержащая нанотехнологические компоненты (нанообъекты, наносистемы и особо чистые вещества), в том числе произведенная с использованием первичной нанотехнологической продукции;
- нанотехнологические работы и услуги – работы и услуги, проведение (оказание) которых осуществляется с использованием нанотехнологий или технологий применения первичной нанотехнологической и (или) наносодержащей продукции.

Таким образом, первичным нанопродуктом являются собственно наноматериалы, которые составляют ядро нанорынка. Они используются в производстве товаров конечного потребления, которые, в свою очередь, являются вторичными нанопродуктами.

Рынок нанокomпонентов, используемых в различных сегментах производства стройматериалов, во всем мире достаточно мал и крайне фрагментирован, но обнаруживает устойчивую тенденцию к росту (CAGR – около 15%), рынок же «нанотехнологических» строительных материалов растет значительно быстрее (CAGR – более 60%) при доле «наносоставляющей» в них на уровне 0,5–2,0%.

nological products» implies industrial and consumer products made using nanomaterials/nanotechnologies. As a rule, three groups of nanotechnological products are distinguished:

- the primary nanotechnological products – the products (nanoobjects, nanosystems, highly purified materials) directly manufactured using nanotechnologies including basic raw materials and semi-finished products for the nanoindustry (particularly, nanopowders and nanomaterials);
- nano-containing products – the products (commodities) containing nanotechnological components (nanoobjects, nanosystems and highly purified substances) including those made using the primary nanotechnological products;
- nanotechnological works and services are those to be done (rendered) using nanotechnologies or technologies using the primary nanotechnological products and/or nanocontaining products.

Thus, the primary nanoproduct is nanomaterials proper, which form the nanomarket core. They are used in manufacture of final consumption commodities, which, in their turn, are the secondary nanoproducts.

The market of nanocomponents used in different segments of construction materials manufacture is rather small and fragmented all over the world but it shows stable tendency to the growth (CAGR is about 15%). As for market of «nanotechnological» construction materials, it is growing considerably faster (CAGR – more than 60%), portion of «nanoconstituent» in them is at the level 0,5–2,0 %

Основные наноматериалы и нанотехнологии, применяемые в строительстве

Сегменты	Основные используемые наноматериалы и нанотехнологии	Результат
Краски и покрытия	– SiO_2 – Al_2O_3 – углеродные нанотрубки – TiO_2 – Ag – молекулярная сшивка	– повышение долговечности – самоочищение – антимикробные свойства – «анти-графити» – поверхностная прочность – улучшение реологии
Цемент и бетон	– поликарбоксилатные суперпластификаторы – SiO_2 – TiO_2 – Al_2O_3 – CaCO_3 – наноглины – углеродные нанотрубки – механохимическая активация	– повышение удобоукладываемости – повышение прочности – экономия энергии и снижение уровня выбросов CO_2 – охрана окружающей среды – повышение долговечности – самоочищение
Изоляция	– аэрогели – Fe_2O_3 – фосфаты	– энергоэффективность – охрана окружающей среды – защита от огня
Стекло	– TiO_2 – SiO_2 – Al_2O_3 – LaB_6 – SnO_x	– самоочищение – повышение сроков службы – термоизоляция – уменьшение количества царапин – регулирование светопропускания
Битумы и полимеры	– SiO_2 – Al_2O_3 – Fe_2O_3 – металлоорганические комплексы – наноглины – TiO_2	– повышение долговечности – улучшение механических характеристик – повышение огнестойкости

Basic nanomaterials and nanotechnologies used in construction

Segments	Basic used nanomaterials and nanotechnologies	Result
Paints and coatings	– SiO_2 – Al_2O_3 – carbon nanotubes – TiO_2 – Ag – molecular cross-linking	– durability increase – self-cleaning – antimicrobial properties – «anti-graffiti» – surface strength – reology improvement
Cement and concrete	– polycarboxylate superplasticizer – SiO_2 – TiO_2 – Al_2O_3 – CaCO_3 – nanoclay – carbon nanotubes – mechanochemical activation	– workability increase – strength increase – energy conservation and decrease of CO_2 emissions – environmental protection – durability increase – self-cleaning
Isolation	– aerogels – Fe_2O_3 – phosphate	– energy efficiency – environmental protection – fire protection
Glass	– TiO_2 – SiO_2 – Al_2O_3 – LaB_6 – SnO_x	– self-cleaning – service life increase – thermo-insulating – cracks resistance – regulation of optical transmission
Bitumen and polymers	– SiO_2 – Al_2O_3 – Fe_2O_3 – organometallic compounds – nanoclay – TiO_2	– durability increase – mechanical characteristics improvement – fire resistance increase

Какие работы (статьи, доклады и т.д.) вы можете порекомендовать для изучения вопросов получения качественно новых материалов, обладающих улучшенными свойствами по прочности, коррозионной стойкости, износостойкости?

В. Миронов (г. Краснодар)

Количество публикаций, касающихся наноматериалов и нанотехнологий, стремительно растет. Только в период

What publications (papers, reports, etc.) can you recommend to study problems concerning obtaining qualitatively new materials possessing improved properties of strength, corrosion resistance, endurance?

V. Mironov (Krasnodar)

The number of publications concerning nanomaterials and nanotechnologies is dramatically growing. Within 1991–

с 1991 по 2009 год было опубликовано и отражено в базах свыше полумиллиарда реферируемых работ, из которых около 3% в той или иной степени относится к строительству. Признанными мировыми лидерами являются США (22% работ), КНР (11%), Япония (10%) и Германия (8%).

Обзоры и аналитические доклады по нанотехнологиям в строительстве были подготовлены в технических комитетах Международного союза экспертов и лабораторий в области строительных материалов, систем и конструкций RILEM (2003 год), Американского института бетона ACI (2012 год) и ряда других международных организаций.

В концентрированном виде подборки статей и докладов можно найти в материалах Международных симпозиумов по нанотехнологиям в строительстве: NICOM1 (Пейсли, Шотландия, 2003 г.), NICOM2 (Бильбао, Испания, 2005 г.), NICOM3 (Прага, Чехия, 2009 г.) и NICOM4 (Агиос Николаос, Греция, 2012 г.).

Хотелось бы обратить внимание на монографию [4], в которой обобщены результаты работ большой группы специалистов, в том числе по европейским и американским проектам.

Несколько обзоров с большим количеством ссылок на литературные источники было опубликовано в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве» [5, 6, 7].

Какие основные направления применения нанотехнологий в строительстве рассматривает РОСНАНО настоящее время?

В. Добровольский, докторант

2009 more than half of billion of papers 3% of which are relevant to construction were published and registered in different bases an. The recognized world leaders are USA (22% of all publications), PRC (11%), Japan (10%) and Germany (8%).

Reviews and analytical reports on nanotechnologies in construction were prepared in technical committees of International Union of Laboratories and Experts in construction materials, systems and structures RILEM (2003), American Concrete Institute (2012) and some other international organizations.

One can find collections of papers and reports in brief form in proceedings of International Symposiums on Nanotechnologies in Construction: NICOM1 (Paisley, Scotland, 2003), NICOM2 (Bilbao, Spain, 2005), NICOM3 (Prague, Czech Republic, 2009) и NICOM4 (Agios Nikolaos, Greece, 2012).

I would like to point out monograph [4] in which the group of specialists summarized the results of works including European and American projects.

Some reviews with large number of references were published in Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» [5, 6, 7].

What are the main areas of construction nanotechnologies application being considered by RUSNANO today?

V. Dobrovolsky, Doctor candidate

В настоящее время Роснано реализует несколько крупных проектов в строительной сфере. Среди находящихся на стадии промышленного производства – **нетканые материалы из негорючего ПЭТ-волокна**, модифицированного по технологии крейзинга, эффективная огнезащитная добавка – **наноструктурированный гидроксид магния** (антипирен), наноматериалы на основе крупнотоннажных полимеров и слоистых алюмосиликатных наполнителей, композиционный материал «Унирем» на основе резинового порошка в качестве модификатора асфальтобетонных смесей и битумов для дорожных покрытий, высококачественные препреги из углеродных и минеральных волокон на основе наномодифицированных и нанонаполненных полиамидных и эпоксидных связующих, наноструктурированные мембраны и разделительные модули для очистки воды в социальной сфере и промышленности, солнечные модули на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon. Кроме того, в активной разработке на уровне «старт-апов» и трансфера технологий еще несколько интересных проектов: современные технологии обработки поверхностей конструкций методами газотермического напыления и наплавки покрытий из наноструктурированных материалов, пеностекло, композитная неметаллическая арматура, высокофункциональные стекла – **фотохромные**, энергосберегающие, антибактериальные и другие – **полимерные композиты** с наполнителями из наночастиц и нанотрубок, обладающие повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью, фотокаталитические отделочные материалы (цементные краски, штукатурки), изделия из базальта и, несомненно, широкая гамма модифицированных бетонов с уникальными свойствами.

At present RUSNANO is executing some large projects in construction. These are industrially produced: non-woven fabrics from flame-resistant PET fibers modified by the crazing technology, efficient fire retardant additive – nanostructured magnesium hydroxide (antipyrène), nanomaterials on the basis of large polymers and layered aluminosilicate fillers, composite material «Uni-rem» on the basis of rubber powder as a modifier of asphaltic concrete mixtures and bitumen for pavement, high quality prepregs of carbon and mineral fibers on the basis of nanomodified and nanofilled polyamide and epoxide binders, nanostructured membranes and separating modules for water treatment in social and industrial areas, solar modules based on «thin films» technology Oerlikon. Besides this, there are some interesting projects which are being intensively developed in the «start-up» stage and technology transfer: advanced technologies of structure surface treatment by the methods of gas-thermal spraying and hard facing from nanostructured materials, foam glass, non-metal composite reinforcement, LED lighting, energy efficient float glass, polymer composites with fillers from nanoparticles and nanotubes having high strength and low ignitability, photocatalytic finishing materials (cement paints, plasters), products from basalt and, undoubtedly, a wide range of modified concretes with unique properties.



БЕЛОВ
Владимир
Владимирович

доктор технических наук, профессор, советник РААСН, проректор по научной работе

Тверского государственного технического университета, заведующий кафедрой производства строительных изделий и конструкций, Почетный работник науки и образования Тверской области

BELOV
Vladimir
Vladimirovich

Doctor of Engineering, Professor, Adviser of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Vice-Rector for Scientific Work of Tver State Technical University, Head of the Chair «Building Products and Structures Manufacture», Honourable Worker of Science and Education of the Tver District

Существуют ли математические квантовые и другие виды моделей для исследования свойств наноматериалов?

Р. Павлова, аспирант

По нашему мнению, для исследования свойств наноматериалов с успехом могут быть применены компьютерные модели, основанные на математическом описании закономерностей упаковки частиц, их взаимодействии и других физических явлений, сопровождающих технологические процессы при изготовлении строительных материалов, в том числе с применением методов нанотехнологии.

В настоящее время часто применяемый термин «компьютерное материаловедение» подразумевает под собой современное научно-исследовательское направление – использование информационных технологий как средств автоматизации поиска оптимальных составов композитных материалов с целью их получения с заранее заданными свойствами. В области технологии строительных материалов важнейшим

Are there mathematical quantum and other types of models to study the properties of nanomaterials?

R. Pavlova, Post-graduate student

In our opinion to study nanomaterials properties one can successfully use computer models based on mathematical description of particles packing laws, interaction between particles and other physical phenomena accompanying technological processes when construction materials are produced, including application of nanotechnological methods.

Today frequently used term «computer materials science» implies the modern research area – the use of information technologies as the means to automate the search of optimal compositions of composite materials in order to produce them with specified properties. In the field of construction materials technology one of the most important optimization tool is mathematical computer modeling – so called simulating methods: analytical calculation method, many-body dynamics method, discrete

инструментом оптимизации является математическое компьютерное моделирование – так называемые имитационные методы: метод аналитических расчетов, метод динамики многих тел (МКД), метод конечных или дискретных элементов (DEM), метод компьютерного моделирования гидродинамики потоков (CFD), метод моделирования производственных процессов. Перечисленные методы относятся к современным IT-подходам к решению научно-исследовательских задач строительного материаловедения. Исследовательские работы по данному направлению ведутся во многих научных организациях по всему миру. На основе компьютерной технологии решаются рецептурно-технологические параметры моделирования и оптимизации композитных материалов с заданными свойствами. Это позволяет получать более высокое эксплуатационное качество, долговечность и надежность материалов.

Коллективом авторов из Тверского государственного технического университета разработаны компьютерные программы, позволяющие решать ряд аналитических задач по подбору и оптимизации составов дисперсных систем. Разработана программа подбора гранулометрического состава заполнителя по принципу генерирования случайных объемных долей, которая позволяет рассчитать оптимальный количественный состав смеси, включающей до 100 исходных компонентов [8]. Для построения количественных моделей микроструктуры композиционных материалов разработана компьютерная программа [9], позволяющая исследовать процесс упаковки двухфракционного массива частиц, с возможностью задания их размеров, количества в пределах своей фракции, а также па-

elements method (DEM), computer modeling of flow hydrodynamics, industrial process modeling. The given methods refer to the up-to-date IT-approaches used to solve scientific tasks in construction materials science.

Investigations in this direction are being conducted in many research institutions around the world. Receipt-technological parameters of modeling and optimization of composite materials with specified properties are based on computer technologies. That allows producing higher operational characteristics, durability and safety of materials.

The scientists from Tver State Technical University developed computer programs allowing to solve a range of analytical tasks for selection and optimization of compositions of dispersed systems. They have created the program for selection of filler granulometric composition according to the principle of randomized inclusion volume fraction generation. This program is able to calculate quantitative composition of mixture consisting of up to 100 initial components [8]. To construct quantitative models of composite materials microstructure another computer program has been developed [9]. Using this program one can study the packaging process of two-fractional particles body and to specify size, quantity within a fraction as well as compaction parameter for the particles, all that provides the compact structure. Computer achievements in this area possess state registration certifying computer programs [8, 9, 10]. The correctness of scientific concepts which underlie the developed projects has been proved by numerous laboratory material tests including the use fine-dispersed particles in the binder fraction of nonfired construction composites. In our opinion,

раметров уплотнения, что позволяет добиться плотной структуры. Компьютерные разработки в данной области имеют свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ [8, 9, 10]. Правота научных концепций, лежащих в основе разработанных проектов, подтверждена многочисленными лабораторными испытаниями материалов, в том числе с применением микродисперсных частиц в составе вяжущей части безобжиговых строительных композитов. Опыт, приобретенный в проведенных научно-исследовательских работах, как мы считаем, может быть перенесен и на исследования свойств наноматериалов.

Что Вы можете сказать о применении нанопорошков различной природы для модификации свойств строительных материалов?

К. Бордов, инженер-строитель

При помощи специальных способов обработки добавок, прежде всего, измельчения и просеивания, можно получить добавки исключительной дисперсности. Путём создания новых и больших поверхностей можно значительно повысить гидравлическую и латентно-гидравлическую активность этих материалов. Так, например, была получена тонкодисперсная зола-унос, размер самой крупной частицы которой составляет 10 мкм, а содержание шарообразных частиц достигает почти 100%. Это позволяет повысить удобоукладываемость свежеприготовленной бетонной смеси и долговечность бетонной структуры при одновременном снижении доли цемента в рецептуре.

Чаще всего применяемая и наиболее изученная добавка в рецептурах высокопрочных бетонов – это микрокремне-

the experience acquired in the fulfilled research can be applied to the studies of nanomaterials properties too.

What is your opinion about application of nanopowders of different nature to modify the properties of construction materials?

K. Bordov, civil engineer

With the help of special additives treatment methods, mainly, grinding and screening, one can get additives of exclusive dispersion. Creating new and large surfaces it is possible to increase considerably hydraulic and latent-hydraulic reactivity of these materials. For example, this method was used to produce fine fly ash in which the size of the biggest particle is 10 μm and the content of sphere particles is about 100%. That allows increasing placeability of the fresh concrete mixture and durability of concrete structure at the same time decreasing the cement portion in the receipt.

The most frequently used and the most investigated additive in the receipts of high strength concretes – silica fume which major part is presented by the particles of amorphous SiO_2 which colloid

зем (силикатная пыль), значительная часть которого представлена частицами некристаллического (аморфного) SiO_2 коллоидных размеров до 100 нанометров. На сегодняшний день большая часть этих бетонов изготавливается именно с добавлением микрокремнезема. Общеизвестно, что микрокремнезем повышает плотность упаковки цементной матрицы, улучшает механические характеристики бетона и увеличивает его долговечность. Основное требование к использованию силикатной пыли при производстве высокопрочных бетонов – это достижение ее дисперсного состояния за счет предотвращения агрегирования и однородного распределения в бетонной смеси. Тем не менее, применение микрокремнезема имеет свои недостатки: его количество как сырьевой базы для производства бетонов ограничено, вариативность содержания углерода может ухудшить пластичность бетонных смесей, а бетонная поверхность, полученная при помощи серого микрокремнезема, имеет слишком темный оттенок. По этим причинам необходимо расширить выбор используемых при изготовлении бетона тонкодисперсных частиц. Помимо микрокремнезема сегодня на рынке представлены и другие виды тонкодисперсных наполнителей, например, зола-унос, метакеолин и другие.

Аморфный метакеолин в меньшей степени считается подходящим микронаполнителем, в отличие от силикатной пыли. В то же время определенные эксперименты свидетельствуют, что за счет реакции метакеолина с образующимся при гидратации цемента гидроксидом кальция также получают сверхпрочные бетоны, которые лишь по некоторым характеристикам отличаются от бетонов с силикатной пылью.

size is up to 100 nanometers. Today the biggest part of these concretes is produced with addition of fume silica. It is a well-known fact that fume silica increases cement matrix packing density, improves mechanical properties of concrete and rises its durability. The main requirement to the use of fume silica in high strength production – is the obtaining of its dispersed condition due to prevention from aggregation and even distribution in concrete mixture. Despite of this, there are also drawbacks in application of fume silica: quantity of it as a source of raw materials for concrete production is limited, variety of carbon content may worsen plasticity of concrete mixtures and concrete surface obtained with the help of grey fume silica is very dark. These are the reasons calling the necessity to broaden the selection of the fine-dispersed particles used in concrete production. Beside fume silica other types of fine-dispersed fillers are presented today at the market: fly ash, metakaolin and others.

Amorphous metakaolin is considered to be proper microfiller in a less degree compared to silicate dust. At the same time certain tests prove that due to the reaction between metakaolin and calcium hydroxide which forms in cement aquation it is also possible to get super strength concretes possessing only few different characteristics in comparison with concretes with silicate dust.

Moreover the latest achievements prove the possibility to use granular blast-furnace slag in production of high strength concrete. There are proofs indicating positive influence of super grinded granular blast-furnace slag on the properties of high-qualitative concretes.

New additives based on polycarboxylate ethers as well as additives combin-

Кроме того, новейшие разработки доказывают возможность применения для производства высокопрочного бетона гранулированного доменного шлака. Существуют доказательства положительного влияния сверхизмельченного гранулированного доменного шлака на свойства высококачественных бетонов.

Новые добавки на основе эфиров поликарбоната, а также добавки, которые объединяют в себе несколько качеств (например, пластификатор с пеногасителем и стабилизатором для самоуплотняющихся бетонов), также вносят большой вклад в целенаправленную разработку оптимальной рецептуры высокопрочных модифицированных бетонов. В комбинации с другими наполнителями (зола-унос, силикатная пыль) удалось уменьшить водоцементные отношения и разработать рецептуры со свойствами высокопрочных бетонов.

Высокопрочные модифицированные бетоны представляют чрезвычайный интерес для индустрии сборных бетонных изделий. Эти виды бетона позволяют получать более легкие железобетонные конструкции с уменьшенным поперечным сечением. Для того, чтобы улучшить свойства высокопрочных бетонов, прежде всего в характеристиках, связанных с хрупкостью, в качестве дополнительных компонентов применяют ещё и фибриллярные материалы.

ing several characteristics (for example, plasticizer with defoaming agent and stabilizer for self-packing concretes) also contribute to the task-oriented development of optimal receipt of high strength modified concretes. In combination with other fillers (fly ash, silicate dust) it was possible to reduce water-cement ratio and create receipts with the properties of high strength concretes.

High strength modified concretes are of great interest for the industry of precast concrete products. This kind of concrete makes it possible to obtain lighter reinforcement structures with a smaller cross-section. To improve the properties of high strength concretes, especially those concerning brittleness, fibrillar materials are used as additional components.



КОРОЛЁВ
Евгений
Валерьевич

директор научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии» Национального

исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», доктор технических наук, профессор

Что вы можете сказать о новых свойствах строительных материалов на основе наносистем?

В. Борисов, технолог
(Республика Казахстан)

Прежде всего, необходимо отметить, что с реализацией нанотехнологии в строительном материаловедении понятие материала (включающего наноразмерные объекты, синтезированные извне или в процессе формирования структуры) становится неотличимым от понятия наносистемы – системы, содержащей структурные элементы размером менее 100 нм, определяющие ее основные свойства и характеристики в целом. В указанном определении отчасти уже содержится ответ на поставленный вопрос: реализация приемов контролируемого воздействия на нанобъекты приводит к существенному изменению показателей материала (определяя его эксплуатационные характеристики в целом). Создание наносистем в их классическом представлении не является экономически оправданным на данном этапе внедрения нанотехнологии в строительном материаловедении. Частные показатели свойств могут быть различными,

KOROLEV
Evgenij
Valerjevich

Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology», Moscow state university of civil engineering, Russian Federation, Doctor of Engineering, Professor

What is your opinion about new properties of construction materials based on the nanosystems?

V. Borisov, technologist
(Kazakhstan Republic)

First of all, one should note that when nanotechnologies are implemented in construction materials science, the notion of material (which includes nanosize objects synthesized from the outside or in the structure formation process) becomes indiscriminate from the notion of nanosystem – a system containing structural elements which size is less than 100 nm and which determine the basic properties and characteristics of the system. This definition partly gives the answer to the asked question: the application of controlled impact methods onto the nanoobjects leads to significant change of material's parameters (determining its operational characteristics in general). In classical conception of nanosystems the development of such systems is not economically sound at the current stage of implementation of nanotechnologies in construction materials science. Specific parameters of properties can vary, that depends on the concrete method of technology application. At the same time

что определяется конкретным методом реализации нанотехнологии. При этом практика свидетельствует, что наиболее значимые результаты могут быть получены на пути синтеза наноразмерных образований в процессе формирования структуры материала. Например, известны материалы на основе взаимопроницающих полимерных сеток, наноструктурированные полимерные композиты, а также наномодифицированные композиты на аморфно-кристаллическом вяжущем, обладающие практически универсальной стойкостью к воздействию агрессивных сред. Введение наноразмерных объектов в строительную композицию также может быть оправдано, но на этом пути неизбежно возникает проблема гомогенизации композиции.

Существуют ли математические квантовые и другие виды моделей для исследования свойств наноматериалов?

Р. Павлова, аспирант

Хотелось бы подчеркнуть, что модель, привлекающая квантово-механические представления, с необходимостью является математической; других моделей, при строгой постановке вопроса, быть не может. Вычислительные эксперименты с наноразмерными системами – неотъемлемая часть процесса исследований, так как натурные эксперименты в этой области зачастую слишком дорогостоящи или даже невозможны. Численное моделирование, опирающееся на представления квантовой механики – предмет вычислительной химии, которую также называют квантовой химией. Результатом моделирования являются зависимости электронной плотности в нанобъемах,

the practice shows that the most significant results can be obtained on a path leading to the synthesis of nanosize formations during the process of material structure formation. For example, there are materials based on interpenetrating polymer networks, nanostructured polymer composites as well as nanomodified composites based on amorphous- crystalline binder possessing practically universal resistance to the aggressive environments impact. Introduction of nanosize objects into construction composition also can be justified, but the problem of composition homogenizing inevitably appears on this way.

Are there mathematical quantum and other types of models to study the properties of nanomaterials?

R. Pavlova, Post-graduate student

I would like to stress that the model employing quantum-mechanical concepts if it is necessary can be regarded as mathematical one; strictly speaking, there are no other models. Computational experiments with nanosystems are an integral part of investigation process as the field tests in this area are often too expensive or cannot be done at all. Simulation based on the concepts of quantum mechanics is the subject of computational chemistry (also called quantum chemistry). The result of the modeling is the dependencies of the electronic density in nanoscale volumes, which in some cases allows us to do prediction propositions about parameters of material's macroscopic properties. So called molecular

которые в отдельных случаях позволяют сделать прогностические суждения о показателях макроскопических свойств материала. Практической универсальностью обладает т.н. метод молекулярной динамики (метод частиц), основанный на представлениях классической механики. При наличии достаточной информации о свойствах системы (составляющей начальные и граничные условия) в численном эксперименте оказывается возможным определить не только геометрические параметры, связанные с конфигурацией дисперсных фаз строительного композита, но и оценить эксплуатационные характеристики материала.

Существуют ли наноматериалы, незначительные добавки которых обеспечивают улучшение свойств строительных композитов?

Е. Радова, инженер

Многими исследователями получены экспериментальные данные, указывающие на повышение показателей эксплуатационных свойств при введении первичных наноматериалов: нанотрубок, фуллеренов, астраленов, тех же объектов с привитыми химическими группами или металлами, природных веществ фуллероидного типа, наноразмерных оксидов металлов, металлов, керамики, алюмосиликатов и т.д. Так, при введении углеродных наноразмерных добавок повышение прочности материала не превышает 20–30% при расходе до $5 \cdot 10^{-3}\%$ от массы цемента. Известно, что при использовании оксидированных многостенных нанотрубок прирост пределов прочности при сжатии и изгибе составляет 25 и 8 МПа, соответственно. На наш взгляд, применение наноразмерных добавок

dynamics (simulation with particle systems) based on concepts of classical mechanics possesses practical generality. When the necessary information on the system's properties (constituting initial and boundary conditions) is available, by the means of the computational test one can determine geometrical parameters associated with configuration of dispersed phases of construction composite as well as to evaluate operational characteristics of the material.

Are there any nanomaterials which additives taken in small quantities improve the characteristics of construction composites?

E. Radova, engineer

Many researchers obtained experimental data indicating the increasing of operational characteristics when initial nanomaterials are introduced: nanotubes, fullerene, astralen, the same objects with implanted chemical groups or metals, natural substances of fulleroid type, nanosize metal oxides, metals, ceramics, aluminum silicate, etc. Thus when carbon nanosize additives are introduced, the increase of material strength doesn't exceed 20–30%, and the consumption is $5 \cdot 10^{-3}\%$ of cement mass. The use of oxidized multi-walled nanotubes is known to give the growth 25 and 8 Mpa for compression and bending breaking points accordingly. In our opinion, the use of nanosize additives of different chemical composition and origins – initial nanomaterials – is the opening stage of nanotechnologies develop-

различного химического состава и происхождения – первичных наноматериалов – является начальным этапом развития нанотехнологии в строительном материаловедении. Этот этап имеет сложности реализации, а именно: обеспечение однородности распределения частиц и экологичности производства. Основным направлением развития нанотехнологии в строительном материаловедении является синтез наносистем, управляющих структурообразованием материала, в процессе его изготовления; такие работы проводятся в МГСУ. Дополнительную информацию по технико-экономическому обоснованию целесообразности того или иного направления можно найти, в частности, в научном Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве».

Что Вы можете сказать о применении нанопорошков различной природы для модификации свойств строительных материалов?

К. Бордов, инженер-строитель

Хотелось бы остановиться на перспективах применения оксидных наноразмерных материалов, стоимость которых существенно меньше стоимости наноуглеродных объектов – «традиционных» наноразмерных модификаторов. Так, введение наноразмерного кремнезема в материалы на основе портландцемента позволяет замедлить вымывание солей кальция, что существенно повышает барьерные свойства и долговечность изделий при эксплуатации в условиях воздействия влаги. Добавки наночастиц диоксида кремния к бетонам, содержащим золу-унос, позволяют существенно увеличить прочность материала (в особенности – в начальный период твердения).

ment in construction materials science. This stage has two difficulties when realized, these are: provision of uniformity of particles distribution and ecological production. The main direction of nanotechnologies development in construction materials science is the synthesis of nanosystems, controlling material structure formation in the production process of that. MSUCE carries out such works. Additional information on technical and economic grounds for the certain area one can find in scientific Internet-journal «Nanotechnologies in Construction».

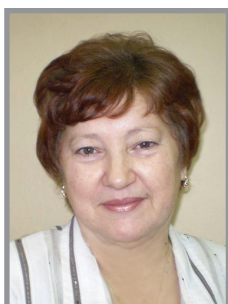
What is your opinion about application of nanopowders of different nature to modify the properties of construction materials?

K. Bordov, civil engineer

I would like to focus on the perspective applications of oxide nanosize materials which cost is significantly lower than the one of nanocarbon objects – «traditional» nanosize modifiers. Thus, introduction of nanosize silica into materials made on the basis of Portland cement allows deceleration of calcium salts washing out, that considerably increases barrier properties and durability of the products when operating under moisture conditions. The addition of silicon dioxide nanoparticles in the concretes containing fly ash makes it possible to considerably increase the strength of material (especially at the first period of hardening). There is also positive experience of ferric oxide application, introduction of which can be fa-

Имеется также положительный опыт использования наночастиц оксида железа, введение которых может способствовать существенному росту прочности бетона. Известные нанопокрывтия на основе диоксида титана являются самоочищающимися и обладают бактерицидными свойствами.

your for significant growth of concrete strength. The known nanocoatings made on the basis of titanium dioxide are self cleaning and possess bactericidal properties.



АБДРАХМАНОВА
Ляйля
Абдулловна

доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий

и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ABDRAKHMANOVA
Laylya
Abdullovna

Doctor of Engineering, Professor of Department «Technology of building materials, products and structures» Kazan State University of Architecture and Engineering

В ряде источников приводится информация о том, что наномодифицированная древесная мука используется для получения древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида. Можно подробнее рассказать об этом?

С. Семенов (Республика Беларусь)

Рецептуры и технология производства поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов с использованием наномодифицированной древесной муки, где наномодификатор выполняет роль связующего агента (что позволяет значительно увеличить степень наполнения полимера древесной мукой) разработаны на кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Разработка (составы и технология) запатентованы. По данной теме в 2011 году по специальности 05.23.05 защищена кандидатская диссертация Бурнашевым А.И. «Высоконаполненные поливинилхлоридные строительные материалы на основе наномодифицированной древесной муки». Более подробно ответ на этот вопрос дан в Интернет-журнале «На-

Some mass media sources say that nanomodified wood flour is used to produce wood-polymer composite based on polyvinylchloride. Could you tell us more details?

S. Semenov (Belorus)

The formulation and production technology of polyvinylchloride wood-polymer composite with the use of nanomodified wood flour in which nanomodifier is a binder agent (that makes it possible to increase considerably the degree of filling of polymer with wood flour) developed at Department «Technology of building materials, products and structures», Kazan State University of Architecture and Engineering. Development (composition and technology) has been patented. This theme was the topic of the Ph.D. thesis «High-filled polyvinylchloride construction materials based on nanomodified wood flour» defended by Burnashev A.I. in 2011, speciality 05.23.05. Detailed answer to this question was given in Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» [11]. At the end of the paper we publish contact information for the additional questions from interested persons.

нотехнологии в строительстве» [11].
В конце статьи приведена контактная информация для тех, у кого будут дополнительные вопросы.



ПЕТУШКОВ
Александр
Владимирович

Советник управляющего
директора
ОАО «РОСНАНО»

PETUSHKOV
Alexander
Vladimirovich

Adviser of Managing Director
of RUSNANO

Какие основные направления применения нанотехнологий в строительстве рассматривает РОСНАНО настоящее время?

В. Добровольский, докторант

В соответствии со своими инвестиционными целями, РОСНАНО выбирает проекты для финансирования, ориентируясь на прогнозируемую величину прибыли создаваемого предприятия. Из отраслевых аналитических отчетов следует, что самыми крупными и быстрорастущими сегментами строительных материалов на данный момент являются: краски/покрытия, цемент/бетон, тепло- и гидроизоляция, стекло, полимерные материалы.

What are the main areas of construction nanotechnologies application being considered by RUSNANO today?

V. Dobrovolsky, Doctor candidate

According to the investment aims when selecting the projects to be financed RUSNANO is guided by the estimated profit of the created enterprise. Industrial analytical reports say that today the largest and the most quick-growing sectors of construction materials are paints/coatings, cement/concrete, thermo-insulation and waterproofing, glass, polymer materials.



АВETИСЯН
Джавад Давидович

профессор МПГУ,
академик МАН ИПТ,
генеральный
директор Cloud-
Издательства «Мультимедиа Технологии»

AVETISSYAN
Jawad Davidovich

Ph.D. in Engineering, Academician
of IAS IPT, Professor of Moscow State
Pedagogical University, Director
General of Cloud-Publishing House
«Multimedia Technologies»

С помощью каких систем можно обеспечить эффективную подготовку специалистов в нанотехнологической сети?

С. Валов, студент

Одна из ключевых проблем, которая тормозит развитие экономики – нехватка квалифицированных кадров. Решить эту проблему в системе традиционного высшего и дополнительного профессионального образования в полной мере пока не удастся. Во-первых, речь может идти об обучении и повышении квалификации десятков тысяч специалистов, для чего мало соответствующих ресурсов: преподавателей, помещений, техники в необходимом количестве. Во-вторых, учитывая сверхвысокий цикл обновления знаний в области инноваций, сама система профессионального образования не на всех уровнях успевает готовить преподавательские кадры, которые обладали бы самыми актуальными на сегодня знаниями, не говоря о постоянном усложнении внутреннего содержания знаний в области инноваций.

На помощь пришли облачные технологии. «Облачные вычисления» как направление развития технологий нашли поддержку в государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011–

What systems can provide efficient training of specialists in nanotechnological network?

S. Valov, student

One of the key problems being an obstacle to the development of economy is the lack of qualified staff. Complete solution for this problem in the sphere of traditional higher and supplementary professional education has not been found yet. First of all, this issue concerns training and improvement of skills for tens of thousands of specialists when necessary resources are unavailable: lecturers, rooms, sufficient number of equipment. Secondly, due to super high knowledge renewal cycle in the area of innovations, at some levels the system of professional education is not able to keep pace with training of lecture staff which could possess the up-to-date knowledge, not mentioning constant complex content of knowledge in innovation sphere.

Cloud technologies help in these situations. «Cloud computing» as a branch of technologies development was supported by state program of Russian Federation «Information society (2011–2020)» (it was approved by the order of the RF Government of 20 October 2010, № 1815-p) and by the resolutions of the Council of general and senior engineers and leading

2020 годы)» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 20 октября 2010 г. № 1815-р) и в решениях Совета генеральных и главных конструкторов, и ведущих ученых и специалистов в области высокотехнологичных секторов экономики под руководством заместителя председателя Правительства РФ С.Б.Иванова (Протокол № 4 от 1 июля 2011 г.)

«Облачная» модель распространения и поддержки программного обеспечения (англ. Software as a Service, SaaS) предполагает использование различных программных приложений в режиме удаленного доступа. Суть этой модели заключается в максимальном переносе бизнес-логики и данных на сервер. При реализации этой модели все данные хранятся на сервере, вычисления проводятся на сервере, взаимодействие пользователей осуществляется посредством обмена данными через сервер.

В перспективе использование «облачной» модели для разработки и распространения программного обеспечения позволит решить проблему массовой подготовки и регулярного повышения квалификации десятков тысяч граждан России. Решение лежит в системе дистанционного обучения, а именно в мультимедийных интерактивных электронных образовательных ресурсах (ЭОР) в сфере инноваций, доступных в Интернете в онлайн на любых компьютерных устройствах (десктоп, планшет, смартфон). Здесь очень важно создание национальных облачных образовательных порталов SaaS-услуг (Software as a service), предполагающее организацию массового промышленного производства сотен современных мультимедийных ЭОР, доступных в Интернете на компьютере, планшете или смартфоне.

scientists and specialists in the field of high technological sectors of economy under direction of the RF Government chair S.B. Ivanov (Protocol № 4 of 1 July 2011).

«Cloud» model of software distribution and support – Software as a Service – (SaaS) implies that different software can be used in remote access. The main idea of this model is that the significant part of business-logic and data are placed at the server. To realize the model all data are stored at the server, computations are done at the server, interaction of the users is provided by data exchange through this server.

Potentially the use of «cloud» model to develop and distribute software may solve the problem of mass training and regular improvement of skills for tens of thousands of Russians. The solution is in the distance educational system, particularly, in interactive multimedia electronic educational resources (EER) in innovations sphere available on-line from any type of computer (desktop, tablet PC, smartphone) in Internet. One should understand the importance of creation of national cloud educational portals of SaaS-services, for that it is necessary to organize mass production of hundreds of modern EER which would be available in Internet from computer, tablet PC or smartphone.

Today in Internet there are few up-to-date EER for distance educational systems. This is due the complexity of production provided by originality of multimedia technologies – video, sound, graphics, etc. Three bases of the modern multimedia interactive EER for e-Learning are:

- Multimedia which provides visualization and image of the information;
- Interactivity which provides activities in education;

Сегодня в Интернете в онлайн-доступе практически нет современных мультимедийных ЭОР для систем дистанционного обучения. Это связано со сложностью их производства в связи с нетривиальностью мультимедийных технологий – видео, звук, графика и т.д. «Три кита» современных мультимедийных интерактивных ЭОР для e-Learning:

- мультимедиа, обеспечивающая наглядность и образность информации;
- интерактивность, обеспечивающая деятельность в обучении;
- облачные SaaS-услуги, обеспечивающие гибкость и доступность во времени и пространстве дистанционных образовательных технологий в Интернете.

Такое положение дел с мультимедийными ЭОР есть результат отсутствия технологий для промышленного производства современных мультимедийных ЭОР. Решить проблему тотального отсутствия ЭОР можно, применив промышленный подход к их созданию. Для массового производства ЭОР необходимо сначала создать инструментальные программы для промышленного производства ЭОР.

Для промышленного производства сотен ЭОР в год необходимо выстроить аутсорсинговую модель взаимодействия авторов-предметников с системщиками e-Learning и их командами технологов мультимедиа. Инновационностью концепции опережающего создания облачных инструментальных средств (ОИС) является реализация стратегии разработки ЭОР силами внешних исполнителей работ по концепции WEB-2. Это когда контент для портала создает большое множество авторов-предметников в инновационных

- Cloud SaaS-services which provide flexibility and accessibility in time and space of distance educational technologies in Internet.

The present situation concerning multimedia EER is caused by the lack of technologies for industrial production of moder multimedia EER. To solve this one may apply industrial approach to their creation. First of all, development software for industrial manufacture of EER is needed to be created.

For industrial production of hundreds of EER per year it is necessary to establish outsource interaction model between authors-lecturers and e-Learning system-engineers with their commands of multimedia technologists. Innovative concept concerning leading production of cloud development software (CDS) implies that EER will be developed by outer executives according to the WEB-2 concept. This means that the content for the portal will be formed due to the work of great number of author-lecturers from innovative areas. They will prepare materials according to the requirements specified by software enterprise which develops multimedia content of EER using CDS taken from cloud portal in Internet.

Taking into account high level of availability of computers, tablet PC and smartphones as well as wideband and mobile Internet (3G and 4G) this issue is not a matter of only EER but the matter of multimedia educational and methodological sets of a new generation (EMS NG) which are available not only at computers but also at tablet PC and smartphones as an SaaS-service from «cloud». EMS NG is the EER versions which are inter-related in educational process:

- DVD-ROM version for self-testing work in autonomus mode;

областях, они готовят материалы по требованиям, заданным программными малым предприятиям, который разрабатывает мультимедийный контент ЭОР, используя ОИС с облачного портала в Интернете.

Учитывая современный уровень доступности компьютеров, планшетов и смартфонов, а также и широкополосного и мобильного Интернета (3G и 4G) и пр., речь должна идти не просто об ЭОР, а о мультимедийных учебно-методических комплектах нового поколения (УМК НП), доступных не только на компьютерах, но и на планшетах и смартфонах, как SaaS-услуга из «облака». УМК НП представляет собой версии ЭОР, которые используются в учебном процессе взаимосвязано:

- DVD-ROM-версия для самостоятельной работы в автономном режиме;
- SCORM-версия для организации дистанционного обучения в LMS-среде;
- ONLINE-версия для обеспечения образовательных SaaS-услуг из «облака»;
- MOBIL-версия для обучения с помощью планшетов или смартфонов;
- Книжная-версия – электронная или «твердая копия» – конспекта лекций.

ООО «Мультимедиа технологии» – ведущий разработчик мультимедийных ЭОР для систем e-Learning. Сайт – www.TeachPro.ru – единственный «облачный» образовательный WEB-сервис в Рунете, на котором представлены сотни ЭОР в «облаках». ЭОР серии TeachPro не только не уступают лучшим западным образцам, но и превосходят по ряду параметров.

Технологии для организации производства образовательного контента для nanoиндустрии.

- SCORM-version to organize the distance learning in LMS-environment;
- ONLINE-version to provide educational SaaS-services from «cloud»;
- MOBIL-version to train with the help of tablet PC and smartphones;
- Book version – electronic or «hard copy» – of lecture notes.

«Multimedia technologies» Ltd. – is the leading developer of multimedia EER for e-Learning systems. Website – www.TeachPro.ru – is the only «cloud» educational WEB-service in Russian Internet, where one can find hundreds of EER in «clouds». EER of TeachPro series is not only inferior to the best foreign examples but also excel them by some parameters.

Technologies used to organize production of educational content for nanoindustry.

Creation of national nanotechnological network proposes to organize mass industrial production of hundreds of up-to-date multimedia electronic educational resources (EER) which will be available in Internet from «cloud».

To produce industrially hundreds of EER per year one should create development software (DS) to automate the process of EER elaboration and to establish outsource interaction model between authors-lecturers and e-Learning system-engineers with their commands of multimedia technologists.

On the basis of such EMS NG it is necessary to construct «cloud» educational portal to be updated regularly. The potential audience of the portal is the social network of students, post-graduate students, specialists improving their skills, etc. as well as tutors taking part in the distance education. The portal will be correspond to WEB-3:

- WEB-1 –students use the portal like public library;

Создание национальной нанотехнологической сети предполагает организовать массовое промышленное производство сотен современных мультимедийных электронных образовательных ресурсов (ЭОР), доступных в Интернете из «облака».

Для промышленного производства сотен ЭОР в год предварительно необходимо создать инструментально-программный комплекс (ИПК) для автоматизации процесса разработки современных ЭОР и выстроить аутсорсинговую модель взаимодействия авторов-предметников с системщиками e-Learning и их командами технологов мультимедиа.

На основе таких УМК НП надо построить «облачный» образовательный портал, который должен регулярно актуализироваться. Вокруг портала будет выстроена социальная сеть студентов, аспирантов, специалистов, повышающих свою квалификацию и т.д., а также тьюторов, участвующих в дистанционном образовательном процессе. Портал будет соответствовать WEB-3:

- WEB-1 - это когда порталом пользуются учащиеся как народной библиотекой;
- WEB-2 - это когда на портале в открытом доступе выкладываются программные инструменты, ориентированные как на авторов-предметников по нанотехнологиям, так и на технологов мультимедиа для коллективного создания новых и новых ЭОР;
- WEB-3 – это когда на портале в открытом доступе выкладывается LMS-система, которая обеспечивает автономный и независимый образовательный процесс участников социальной сети портала с опорой на готовые УМК НП портала. Профес-

- WEB-2 – the portal contains free development software for authors on nanotechnologies as well as for multimedia technologists to provide collaboration in creation of new EER;
- WEB-3 - the portal contains free LMS-system which provides autonomous and independent educational process of social network members, the process is based on EMC NG stored at the portal. Professionals in the area of nanotechnologies are the virtual tutors offering their services to the students in a remote mode and using EMC NG stored at the portal. The approach to selection of educational programmes and knowledge certification are determined by website's administration.

The website www.TeachPro.ru presents hundreds of EER. In particular, EER «Film nanomaterials...» [12].

Some courses by TeachPro written in English were declared by USA bloggers to be the best in this sphere.

сионалы в области нанотехнологий выступают в качестве виртуальных преподавателей (тьюторов), предлагая свои услуги учащимся дистанционно на основе УМК НП портала. Подход к выбору программ обучения и сертификации знаний определяются администрацией сайта.

На сайте – www.TeachPro.ru – представлены сотни ЭОР. В частности, ЭОР «Плёночные наноматериалы...» [12].

Ряд курсов серии TeachPro на английском языке признавались блоггерами США «лучшими» в своей области.

Обращаюсь к редакции Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве». Не кажется ли вам что, в издании очень высокий уровень требований к публикуемым материалам (сопроводительное письмо, рецензия и др.)?

Д. Коробов, специалист

Нет, нам так не кажется. Сотрудники нашей компании опубликовали в разное время две статьи в журнале «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» в области создания образовательного контента для подготовки кадров для нанотехнологической сети. Все было сделано профессионально [13, 14]. Все ответы получали своевременно и оперативно.

Мы благодарны журналу за сотрудничество. Планируем и в дальнейшем сотрудничать с журналом.

Кстати, это не первый наш опыт сотрудничества с представителями наноиндустрии по подготовке образовательного контента для нанотехнологов.

My question is addressed to the editors of Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction». Don't you think that the edition's requirements to the published materials are too high (covering letter, review etc.)?

D. Korobov, specialist

No, we don't think so. At different times the employers of our company published two papers in the journal «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» considering the aspects of creation of educational content for staff training within the frames of nanotechnological network. Everything was done professionally [13, 14]. All answers were given quickly and in time.

We are grateful to the journal for the cooperation. We are planning to extend our cooperation with the journal further.

By the way, this is not the first time when we collaborate with the representatives on the development of educational content for nanotechnologists.



ТОЛЧКОВ
Юрий Николаевич

магистр техники
и технологии,
аспирант
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

TOLCHKOV
Yuri Nikolaevich

Master in Engineering and Technology,
Graduate student,
Tambov State Technical University

Слышал, что для модификации свойств высокопрочного бетона в его состав вводили фуллеренсодержащую модифицирующую добавку – углеродные наноматериалы. Если возможно, прошу привести основные результаты таких исследований.

А. Соков, аспирант

I heard that to modify the properties of high-strength concrete fullerene-containing modifying additive – carbon nanomaterials - was introduced into its composition. If it is possible, I kindly ask you to tell us about the main results of these researches.

A. Sokov, Post-graduate student

Углеродные наноматериалы (УНМ), обладающие высокими механическими характеристиками, рассматриваются как эффективное средство повышения физико-механических свойств композитных материалов. Они имеют свободные химические связи; поэтому могут обеспечивать лучшее сцепление бетонной смеси и заполнителя и, как следствие, повышать прочность материала. Так же нановолокна и нанотрубки могут играть роль армирующего материала из-за их высокой прочности и большого модуля упругости, а также являться центрами направленной кристаллизации.

Положительные результаты по модифицированию бетонов углеродными наноструктурами получены при использовании УНМ «Таунит», представляющего собой фуллереноподобные тубулированные связи и пучки углеродного наноструктурного материала среднего наружного диаметра порядка 40 нм, внутреннего – 5 нм, длиной око-

Carbon nanomaterials (CNM) possessing high mechanical characteristics are regarded as an efficient tool to increase physical and mechanical properties of composite materials. They have free chemical ties; therefore they can provide better adhesion of concrete mix and filler, that can result in increase of material strength. Due to high strength and large coefficient of elasticity nanofiber and nanotube can be reinforcement as well as be the centers of directed crystallization.

The positive results relating to modification of concretes with carbon nanostructures were obtained when using CNM «Taunit» which is fullerene-like tubed ties and beams of carbon nanostructured material which average outer diameter is about 40 nm, inner – 5 nm and the length is about 2 mkm. The use of them as a modifier makes it possible to increase the strength characteristics of construction materials by 20%.

The aim of research was to create polyfunctional modifying additives of dif-

ло 2 мкм. Использование их в качестве модификатора позволяет в среднем повысить прочностные характеристики строительных материалов на 20%.

Целью исследований было создание полифункциональных модифицирующих добавок различной природы на основе углеродных трубок в виде устойчивых систем, которые бы обеспечили наибольшее положительное изменение физико-механических характеристик строительных композитов при их минимальном расходе.

В процессе исследований использовались следующие методы обеспечения равномерного распределения УНМ в матрице строительного композита: механическое диспергирование, обработка ультразвуком, магнитодинамическая обработка, комбинированные методы.

По итогам проведения экспериментов была установлена интенсивная седиментация УНМ в воде затворения при любых их содержаниях со скоростью, пропорциональной концентрации наночастиц. Это является основной причиной их неравномерного распределения во всем объеме, что проявляется в существенном снижении однородности структуры композита. Таким образом, одной из основных задач является создание устойчивого коллоидного раствора. Оптимальное равномерное распределение наномодификатора, исключающее возможность агрегации и седиментации, было достигнуто ультразвуковым воздействием.

С целью оптимизации содержания наномодифицирующей добавки на основе УНМ «Таунит» и поиска экстремума-максимума зависимости «состав-свойство» проводились экспериментальные исследования на смесях мелкозернистого бетона. УНМ «Тау-

ferent origins based on carbon tubes in the form of stable systems which could provide the maximal positive change of physical and chemical characteristics under minimal consumption of them.

During the research the methods used to provide even distribution of CNM in construction composite matrix were: mechanical dispersion, ultrasound treatment, magnetic and dynamic treatment, combined methods.

Summarizing the results of experiments one determined intensive sedimentation of CNM in mixing water under different content of them with the rate which is proportionate to the nanophase concentration.

This is the basic factor causing their uneven distribution in the whole volume, that appears in considerable decrease of composite structure homogeneity. Thus, one of the main tasks is to create stable Colloidal solution. Optimal even distribution of nanomodifier which excluded the possibility of aggregation and sedimentation was achieved due to ultrasound treatment.

To optimize the content of nanomodifying additive based on CNM «Taunit» and to search extremum-maximum of relation «composition-property» experimental researches of fine-grained concrete mixtures were carried out. CNM «Taunit» was distributed in mixing water under ultrasound influence, after that the water activated with carbon nanotubes was combined with the mineral binder paste. The range of the investigated concentration was: from 0,0001% to 0,0007% of cement mass.

The result determined that the nanomodified concrete specimens harden faster and during curing period they possess strength by 20% more than specimens without additives.

нит» распределялся в воде затворения, под воздействием ультразвука, после чего вода, активированная углеродными нанотрубками, совмещалась с тестом минерального вяжущего. Предел исследуемых концентраций находился в следующем диапазоне: от 0,0001% до 0,0007% от массы цемента.

В результате установлено, что образцы наномодифицированного бетона быстрее набирают прочность и в проектном возрасте имеют прочность на 20% больше, чем образцы без добавок.

При использовании углеродных наноматериалов в качестве модифицирующих добавок считаем, что важной задачей является создание такой формы модификатора, которая может быть практически реализована в производственной сфере с незначительными изменениями в технологическом процессе производства строительных материалов. Более подробно ответ на этот вопрос дан в Интернет-журнале «Нанотехнологии в строительстве» [15].

По данной тематике планируется опубликовать еще одну статью в ближайших номерах Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве».

When using carbon nanomaterials as modifying additives we consider that the important task is to create such form of modifier that could be implemented in industrial sector with small changes in technological process of construction material production. Detailed answer to this question has been given in Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» [15].

One more paper dealing with this topic is planned to be published in the next issues of Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction».



ТОЛЧКОВ
Юрий Николаевич

магистр техники
и технологии,
аспирант

TOLCHKOV
Yuri Nikolaevich

Master in Engineering and Technology,
Graduate student

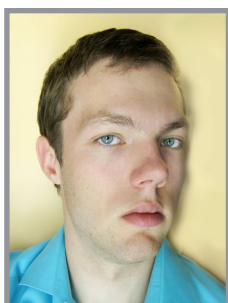


МИХАЛЕВА
Зоя Алексеевна

кандидат
технических наук,
доцент

MIKHALEVA
Zoya Alekseevna

Ph.D. in Engineering,
Associate Professor of the Department



КОНДАКОВ
Александр
Игоревич

студент

KONDAKOV
Alexander
Igorevich

Student



ПОПОВ
Андрей Иванович

кандидат
педагогических наук,
доцент

POPOV
Andrey Ivanovich,

Ph.D. in Pedagogics,
Associate Professor

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», кафедра техники и технологии производства нанопроductов

*Tambov State Technical University,
Department «Technique and
Technology of Nanoproducts
Manufacture»*

Существуют ли наноматериалы, незначительные добавки которых обеспечивают улучшение свойств строительных композитов?

Е. Радова, инженер

Нами было проведено изучение влияния углеродных наноматериалов на прочностные свойства цементных матриц на основе портландцемента.

Благодаря обширным работам, проводимым на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов», появилась возможность сравнения достижений, полученных на данной кафедре, с достижениями на мировой арене.

Результат исследований показывает, что прочность образцов наномодифицированного мелкозернистого бетона на сжатие увеличивается в среднем на 20–25%, а прочность на изгиб – 15–20%.

Добавка наномодификатора в количестве 0,0006% от массы цемента обеспечивает стабильный рост прочностных характеристик на 20–25%.

В результате экспериментов установлено, что образцы мелкозернистого бетона, модифицированные углеродным наноматериалом «Таунит», в среднем на 50% быстрее набирают прочность и в проектном возрасте имеют прочность на 20–25% больше, чем образцы обычного бетона.

Приведенные данные согласуются с общемировыми достижениями. Так, в работе [16] было изучено влияние конфигурации МУНТ на прочностные свойства цементной матрицы: длинные и короткие МУНТ. Тестируемые образцы изготовлены из цементной пасты с низкой и высокой концентрацией МУНТ (0,048% веса и 0,08% веса (к цементу), соответственно). Результаты экспериментов показали, что ко-

Are there any nanomaterials which additives taken in small quantities improve the characteristics of construction composites?

E. Radova, engineer

We studied influence of carbon nanomaterials on strength properties of cement matrices based on Portland cement.

Due to the wide range of the works carried out by department «Technique and technology of nanoproducts manufacture» we have opportunity to compare achievements obtained at this department with world achievements.

The result of the studies shows that compression strength of specimens of nanomodified fine-grained concrete increases in average by 20–25% and bending strength – by 15–20%.

Addition of nanomodifier taken in the quantity 0,0006% of cement mass provides the stable increase of strength characteristics by 20–25%.

The result of experiments determined that fine-grained concrete specimens modified by carbon nanomaterials «Taunit» harden in average by 50% faster and during curing period their strength is higher by 20–25% than that of common concrete.

The given data are coordinated to worldwide achievements. For example, the work [16] investigated the influence of multi-shell nanotubes (MSNT) configuration on the strength properties of cement matrix: long and short MSNT. The tested specimens are made of cement paste with low and high concentration of MSNT (0,048% of weight and 0,08% of weight (in respect to cement) accordingly). The results of experiments showed that short MSNT with concentration 0,08% are at the first place by cement matrix compression strengthening and are at the second

роткие МУНТ с концентрацией 0,08% занимают первое место по упрочнению цементной матрицы на сжатие и второе место по упрочнению на изгиб, а длинные МУНТ с концентрацией 0,048% занимают первое место по упрочнению на изгиб и второе место по упрочнению на сжатие, немногим уступая коротким. Схожие данные получены в работе [17] с внесением МУНТ в количестве 0,5% от массы цемента: произошло увеличение прочности по сравнению с контрольным образцом на 30% или увеличение до 10,08 МПа в сравнении с 7,73 МПа контрольного образца (данные получены на 28 день).

В работе [18] исследовано влияние модифицирования образцов мелкозернистого бетона углеродным наноматериалом, функционализированным карбоксильными группами. Расход УНМ составлял 0,0006% от массы цемента. Результаты тестов были следующие: наибольший прирост прочности дал УНМ «Таунит М», который составлял на сжатие 26%, в то время как прочность на изгиб не изменилась либо ухудшилась на 25% в зависимости от типа УНТ «Таунит».

В работе [17] за счёт введения 0,5% COOH -МУНТ была увеличена прочность на сжатие до 19%, в то время как предел на изгиб увеличился на 25%.

Смеси, в которых находились функционализированные УНТ- COOH s, показали существенное увеличение прочности при сжатии [19]. Самое значительное увеличение – почти на 50% – достигается в соединении 22МК10, содержащем 0,045% УНТ- COOH s. При этом экземпляр 21МК9 содержал почти в три раза больше – 0,15%, а УНТ- COOH s дал меньшие показатели (у обоих образцов водно-цементное соотношение одинаково).

place by bending strengthening; long MSNT with concentration 0,048% are at first place by bending strengthening and at the second place by compression strengthening, being a little inferior to short MSNT.

The similar data were obtained in work [17] when MSNT taken in quantity 0,5% of cement mass was added. In this case strength increased by 30% compared with control specimen or it increased up to 10,08 MPa compared with 7,73 MPa of control specimen (data were obtained on the 28th day).

The work [18] studied the influence of modification of fine-grained concrete specimens with carbon material functionalized by carboxyl groups. Consumption of carbon nanomaterials (CNM) was 0,0006% of cement mass. The results of test were: CNM «Taunit M» provided the biggest strength increase: compression strength – by 26%, at the same time bending strength either stayed the same or decreased by 25% depending on the type of CNT «Taunit».

In the work [17] due to introduction of 0,5% COOH -MSNT the compression strength increased up to 19%, at the same time the bending limit increased by 25%.

Mixtures with functionalized CNT- COOH s showed significant rise of compression strength [19]. The most significant growth – nearly 50% – was achieved in compound 22МК10 containing 0,045% of CNT- COOH s. Speciment 21МК9 contained almost three times more – 0,15% but characteristics of CNT- COOH s were less (both specimens had the same water-cement ratio).

Basing on mentioned works we made the following conclusions:

1. Introduction of carbon nanotubes taken in small and supersmall concentrations leads to cement matrix strength-

На основании приведенных работ нами были сделаны следующие выводы:

1. введение углеродных нанотрубок в малых и сверхмалых концентрациях приводит к упрочению цементной матрицы (прочность при сжатии возрастает на 20–30%);
2. функционализация УНТ существенно зависит от типа УНТ, вследствие чего разнятся результаты, но при надлежащем выборе углеродного наноматериала демонстрирует хорошие результаты на прочность при сжатии: 20–50%.

Более подробный анализ исследований по наномодифицированию строительных материалов планируется представить в одном из ближайших номеров интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве».

ening (compression strength increases by 20–30%);

2. Functionalization of CNT considerably depends on the type of CNT, therefore results are different but when carbon nanomaterial is selected properly it demonstrates good result in compression strength – 20–50%.

Detailed analysis of research in the area of construction materials modification is planned to be presented in one of the next issues of Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction».

Уважаемые коллеги!

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

Автор А.А. IV Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012, Том 4, № 5. С. 6–63. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (дата обращения: __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Author A.A. The IV International Theoretical and Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry». Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2012, Vol. 4, no. 5, pp. 6–63. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (Accessed __ __ __). (In Russian).

Библиографический список:

1. Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 1. URL: <http://www.nanobuild.ru>.
2. Пономарев А. Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологий // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 6. С. 25–33. URL: <http://www.engstroy.spb.ru/index 2009 06/ponomarev.html>.
3. Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Груздев М. В., Юдович В. М. Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур // Вопросы материаловедения. 2009. № 4 (60). С. 17–22. URL: <http://www.engstroy.spb.ru/index 2009 06/ponomarev.html>.
4. Bartos P., Hughes J.J., Trtik P. Nanotechnology in Construction. Royal Society of Chemistry. 2004. 412 p.
5. Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Части 1,2 // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. М: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. № 1. С. 24–34 / 2009. № 2. С. 10–20.
6. Фаликман В.Р., Соболев К.Г. «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона. Части 1, 2 // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. М: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 6. С. 17–31. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 10.02.2011) / 2011. № 1. С. 21–33. Гос. регистр. № 0421100108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 3.03.2011).
7. Фотокаталитически активные строительные материалы с наночастица-

References:

1. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 1. URL: <http://www.nanobuild.ru>.
2. Ponomarev A.N. High quality concretes. Analysis of potentialities and practical use of nanotechnological methods // Magazine of Civil Engineering. 2009. № 6. P. 25–33. URL: <http://www.engstroy.spb.ru/index 2009 06/ponomarev.html>.
3. Ponomarev A.N., Yudovich M.E., Gruzdev M.V., Yudovich V.M. Nonmetal nanoparticle in the outer electromagnetic field. Topological factors of mesostructures interaction. // Problems of materials science. 2009. № 4 (60). P. 17–22. URL: <http://www.engstroy.spb.ru/index 2009 06/ponomarev.html>.
4. Bartos P., Hughes J.J., Trtik P. Nanotechnology in Construction. Royal Society of Chemistry. 2004. 412 p.
5. Falikman V.R. About the Use of Nanotechnologies and Nano-materials in Construction. Part 1, 2 // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow: CNT «NanoStroitelstvo». 2009. № 1. P. 24–34 / 2009. № 2. P. 10–20.
6. Falikman V.R., Sobolev K.G. «There's plenty of room at the bottom», or how nanotechnologies can change the world of concrete // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-journal. Moscow: CNT «NanoStroitelstvo». 2011. № 1. P. 21–33. State registration № 0421100108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (access date: 3.03.2011).
7. Photocatalytic active building materials with titanium dioxide nanoparticles – the new concept for improving megalopolis ecology / V.R. Falikman,

- ми диоксида титана – новая концепция улучшения экологии мегаполисов / В.Р. Фаликман, А.Я. Вайнер // Вопросы применения нанотехнологий в строительстве: сборник докладов участников круглого стола (30 сентября 2009 г.). М.: МГСУ. 2009. С. 35–49.
8. Белов В.В., Образцов И.В. Подбор оптимальной гранулометрии заполнителя строительного композита. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2010617267 // Реестр программ для ЭВМ. 2010.
 9. Белов В.В., Образцов И.В., Реунов А.Г. Программа для моделирования хаотичной упаковки 2х-фракционной смеси гранул. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2010610796 // Реестр программ для ЭВМ. 2010.
 10. Белов В.В., Образцов И.В., Новиченкова Т.Б. Расчет топологических параметров сыпучих дисперсных систем. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2011615905 // Реестр программ для ЭВМ. 2011.
 11. Абдрахманова Л.А., Бурнашев А.И., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Наномодификация древесной муки кремнеземами // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 3. С. 56-67. URL: [http:// www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)
 12. Плёночные наноматериалы и покрытия для космической техники ближнего космоса // ООО «Мультимедиа Технологии»: он-лайн интерактивные курсы. URL: <http://teachpro.ru/Курс/Плёночные+наноматериалы+и+покрытия+для+космической+техники+ближнего+космоса>.
 - A.Y. Vainer // Problems of application of nanotechnologies in construction: proceedings of round-table participants (30 September 2009), Moscow: Moscow State University of Civil Engineering. 2009. P. 35–49.
 8. Belov V.V., Obratsov I.V. Selection of optimal filler grading for construction composite. State Registration Certificate for Computer Program RF № 2010617267 // Register of Computer Programs. 2010.
 9. Belov V.V., Obratsov I.V., Reunov A.G. Program for modelling of chaos packing of two-fraction grain mixture. State Registration Certificate for Computer Program RF № 2010610796 // Register of Computer Programs. 2010.
 10. Belov V.V., Obratsov I.V., Novichenkova T.B. Calculation of topological parameters of dry disperse systems. State Registration Certificate for Computer Program RF № 2011615905 // Register of Computer Programs. 2011.
 11. Abdrakhmanova L.A., Burnashev A.I., Nizamov R.K., Khozin V.G. Nanomodification of wood flour by sols of silicic acid // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 3. P. 56-67 URL: [http:// www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
 12. Film nanomaterials and coatings for space technology of near space // «Multimedia Technologies» Ltd.: on-line interactive courses. URL: <http://teachpro.ru/Курс/Плёночные+наноматериалы+и+покрытия+для+космической+техники+ближнего+космоса>.
 13. Avetissyan D.D. «Cloud» services tools for industrial production of educational content for national nanotechnological network. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-

13. Аветисян Д.Д. «Облачные» инструментальные сервисы для промышленного производства образовательного контента для национальной нанотехнологической сети // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 1. С. 66–72. URL: [http:// www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
14. Тюлькин А.А. Выбор платформ и облачных операционных систем для создания облачных инструментальных сервисов для национальной нанотехнологической сети // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 3. С. 38–44. URL: [http:// www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
15. Ткачев А.Г. Исследование влияния модифицирующих добавок на основе гелеобразных дисперсий углеродных наноматериалов на свойства строительных композитов / А.Г. Ткачев, З.А. Михалева, А.И. Попов и др. // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 4. С. 15–23. Гос. регистр. № 0421200108. URL: [http //www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
16. Maria S. Konsta-Gdoutos et al. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials / Maria S. Konsta-Gdoutos, Zoi S. Metaxa, Surendra P. Shah // Elsevier: Cement and Concrete Research. 2010. № 40. P. 1052–1059.
17. Giuseppe Ferro et al. Atti del XXI Convegno Nazionale del Gruppo Italiano Frattura // Giuseppe Ferro, Francesco Iacoviello e Luca Susmel. Italia: Cassino. 2011. P. 433.
18. Панина Т.И. Разработка добавок на основе гелеобразных дисперсий углеродного наноматериала в строительном. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 1. P. 66–72 URL: [http:// www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
14. Tiulkin A.A. Frameworks and cloud operating systems for cloud services tools development for national nanotechnological network// Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 3. P. 38–44 URL: [http:// www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
15. Tkachev A.G. Investigation of the effect of modifying additives based on the gel dispersion of carbon nanomaterials on the properties of building composites / A.G.Tkachev, Z.A. Mikhaleva., A.I. Popov, et al. // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow: CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 4. P. 15–23. State register № 0421200108. URL: [http // www. nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).
16. Maria S. Konsta-Gdoutos et al. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials / Maria S. Konsta-Gdoutos, Zoi S. Metaxa, Surendra P. Shah // Elsevier: Cement and Concrete Research. 2010. № 40. P. 1052–1059.
17. Giuseppe Ferro et al. Materials of the XXI National Meeting of Italian Group Fracture // Giuseppe Ferro, Francesco Iacoviello e Luca Susmel. Italia: Cassino. 2011. P. 433.
18. Panina T.I. Development of additives on the basis of gel-like dispersions in construction composites. Master thesis. 15.06.12. Tambov, 2012. 115 p.
19. Cwirzen A. Surface decoration of carbon nanotubes and mechanical properties of cement /Carbon nanotube composites / A. Cwirzen, K. Habermehl-Cwirzen, V. Penttala // Advances in Cement Research. 2008. № 20. P. 65–73.

тельные композиты: дис. ... магистр:
15.06.12. Тамбов, 2012. 115 с.

19. Cwirzen A. Surface decoration of carbon nanotubes and mechanical properties of cement / Carbon nanotube composites / A. Cwirzen, K. Habermehl-Cwirzen, V. Penttala // *Advances in Cement Research*. 2008. № 20. P. 65–73.

Участники опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений. Мнение оргкомитета может не совпадать с мнениями участников, материалы публикуются с целью обсуждения актуальных вопросов применения нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Оргкомитет не несет ответственности за содержание элементов рекламы в ответах участников.

Оргкомитет искренне признателен всем, кто принял участие в IV Международной научно-практической online-конференции «Применение нанотехнологий в строительстве». Учитывая ограниченный объем журнала, приведены не все вопросы и ответы на них. Ответы на вопросы некоторых участников ввиду их объема предложено опубликовать в виде отдельных статей. Для получения более полной информации просим обращаться к организаторам.

The authors of the published materials are responsible for the reliability of the information. Opinion of Organizing Committee can be different from that of participants; materials are published to discuss the important issues concerning implementation of nanotechnologies and nanomaterials in construction. Organizing Committee is not responsible for the presence of advertisement components in participants' answers.

Conference Committee is sincerely grateful to all participants of the Third International Theoretical And Practical Online-Conference «Application of Nanotechnologies in Construction Industry». Taking into consideration the limited bulk of the edition, not all questions and answers have been published. In view of the length of some participants' it was offered to publish them in the form of the articles. Ask conference organizers for more details.

Контакты
Contact information

e-mail: info@nanobuild.ru
e-mail: empirv@mail.ru

Приглашаем ведущих ученых и специалистов к публикации материалов по тематике издания. Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий **ВАК** Министерства образования и науки РФ. Авторам статей Интернет-журнала выдаются справки ИТЦ «Информрегистр» Министерства связи и массовых коммуникаций РФ с идентификационным номером публикации.

Предлагаем оформить подписку на издание на 2009–2013 гг. Журналы за 2009, 2010, 2011 и 2012 гг. высылаются сразу после оформления подписки, за 2013 год – по мере того, как будут выходить номера журнала. **При подписке на КОМПЛЕКТ номеров журнала (2009 г. + 2010 г. + 2011 г. + 2012 г. + 2013 г.) предоставляется скидка 25%.** В каждом номере издания публикуется информация о наноматериалах и нанотехнологиях, которые уже используются или должны появиться на рынке в ближайшее время, что позволяет специалистам быть в курсе достижений nanoиндустрии в строительной отрасли.

ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»:

- лауреат Национальной премии «Российский Строительный Олимп – 2010»;
- награжден знаком «Инженерная доблесть»;
- лауреат Национального конкурса «Строймастер-2011»;
- отмечен дипломами, сертификатами и благодарностями различных профессиональных и общественных организаций, организаторами мероприятий. Среди них: Международный форум по нанотехнологиям Rusnanotech, Международный симпозиум по нанотехнологиям в строительстве NICOM4, Сколковский саммит творцов инновационной экономики, Российское общество инженеров строительства, Национальная ассоциация nanoиндустрии, Конкурс «Премия инноваций Сколково при поддержке Cisco I-PRIZE», Московский комитет по науке и технологиям, Башкирский государственный университет, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова и др.

Оказываем информационные услуги организациям (компаниям, ассоциациям, партнерствам и др.) по созданию и развитию Интернет-изданий, а также помощь авторам по изданию и продвижению электронных книг.

Ознакомиться с содержанием номеров журнала

можно на сайте издания www.nanobuild.ru.

По всем вопросам просим обращаться по электронной почте

e-mail: info@nanobuild.ru



**ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ
РОССИЙСКИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ОЛИМП-2010**

на правах рекламы



из НАНО строится ГИГАуспех
GIGAsuccess is built from NANO

www.nanobuild.ru

С.Ю. ПЕТРУНИН и др. Опыт применения тубулярных углеродных наноструктур в строительных материалах

УДК 620.3:693.542.4:620.193:544.18

ПЕТРУНИН Сергей Юрьевич, аспирант, Россия

ПОПОВ Максим Юрьевич, аспирант, Россия

ВАГАНОВ Виктор Евгеньевич, канд. техн. наук, доц. каф. основы нанотехнологий и теоретической физики, Россия

РЕШЕТНЯК Виктор Витальевич, канд. техн. наук, стар. преподаватель каф. основы нанотехнологий и теоретической физики, Россия

ЗАКРЕВСКАЯ Любовь Владимировна, канд. техн. наук, доц. каф. строительного производства, Россия, ГОУВПО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

PETRUNIN Sergey Yuryevich, Post-graduate Student, Russian Federation

POPOV Maksim Yuryevich, Post-graduate Student, Russian Federation

VAGANOV Victor Yevgenyevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor of Nanotechnology and Theoretical Physics Department, Russian Federation

RESHETNYAK Victor Vitalyevich, Ph.D. in Engineering, Teacher of Nanotechnology and Theoretical Physics Department, Russian Federation

ZAKREVSKAYA Lubov Vladimirovna, Ph.D. in Engineering, Associate Professor of Construction Manufacturing Department, Russian Federation
Vladimir State University, Vladimir

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТУБУЛЯРНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

APPLICATION OF TUBULAR NANOSTRUCTURE IN CONSTRUCTION MATERIALS

В работе представлены результаты исследований влияния добавки углеродных нанотрубок на свойства цементных и полимерных композиционных материалов. Сверхмалое содержание углеродного наномодификатора в объеме композита приводит к повышению физико-механических и эксплуатационных характеристик материала.

The paper presents the results of the research studying influence of carbon nanotube additives on the properties of cement and polymeric composite materials. The super small content of carbon nanomodifier in composite volume increases mechanical and operation properties of the material.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, цементный композит, газобетон, реакционный кремнезем, полимерный композит, ПЭТФ.

Key words: carbon nanotubes, cement composite, gas concrete, reactive silica, polymeric composite, PET.

В настоящее время нанотехнология – одна из самых перспективных областей в мире науки. Как и многие другие области знаний, строительное материаловедение активно использует методы нанотехнологии при разработке и создании новых материалов и изделий [1–3]. Поскольку в интервале наноразмеров формируются основные характеристики веществ, явлений и процессов, такой подход позволяет целенаправленно регулировать свойства объектов на молекулярном уровне. В связи с этим актуальным является разработка физико-химических и технологических принципов создания новых и совершенствования уже существующих строительных материалов через управление процессами гидратации, происходящими на наноуровне [4].

Одним из перспективных способов управления процессами структурообразования считается модификация матрицы материала углеродными наночастицами. Так, в работах [7–9] показано, что добавка углеродных нанотрубок (УНТ) в цементный композит способствует улучшению его физико-механических характеристик. Повышение прочности бетона, как следствие, позволяет сократить расход вяжущего. Результаты исследований, проведенных в работе [5], демонстрируют, что при содержании 1 масс.% УНТ удастся снизить содержание цемента в композите на 20%. Существует мнение, что улучшение физико-механических характеристик неавтоклавного пенобетона возможно за счет армирования межпоровых перегородок [6]. При добавлении 0,05% УНТ от массы сухого вяжущего наблюдалось увеличение прочности на сжатие с 0,18 до 0,306 МПа и улучшение теплоизоляционных показателей.

Известно, что применение УНТ в качестве наполнителя в композиционных материалах затруднено их химической инертностью и склонностью к агломерации. Поэтому особое внимание уделяется повышению эффективности применения УНТ путем предварительной химической

обработки. Одним из наиболее эффективных способов химической обработки УНТ является функционализация поверхности трубки кремний содержащими группами [10]. При этом авторы констатируют повышение адгезии УНТ к цементной матрице и улучшение подвижности смеси.

В целях повышения равномерности распределения наночастиц в объеме композита, в [11] УНТ добавляли в раствор пластификатора и обрабатывали полученную смесь ультразвуком. Результаты исследований свидетельствуют об эффективности данного метода для получения дисперсии УНТ, что положительно сказывалось на прочностных характеристиках бетона.

В настоящей работе УНТ добавляли в цементные композиты различной структуры: плотный тяжелый бетон и ячеистый газобетон. Исследовались прочностные и теплоизоляционные характеристики результирующих композитов, изучалась их морфология.

Для повышения адгезии с матрицей и улучшения диспергации УНТ подвергались предварительной функционализации карбоксильными группами. Затем была приготовлена суспензия на основе поликарбоксилатного пластификатора. Порошок УНТ смешивался с пластификатором и обрабатывался ультразвуком. Полученную суспензию добавляли в воду затворения цементных композитов.

Установлено, что при концентрации 0,005 масс.% УНТ от массы сухого вяжущего неавтоклавного газобетона, происходит увеличение

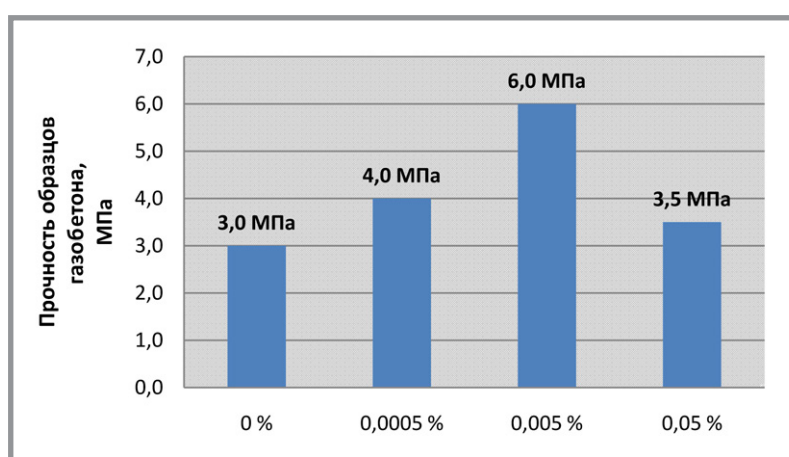


Рис. 1. Зависимость прочности газобетона от процентного содержания УНТ (в % указана концентрация УНТ от массы цемента)

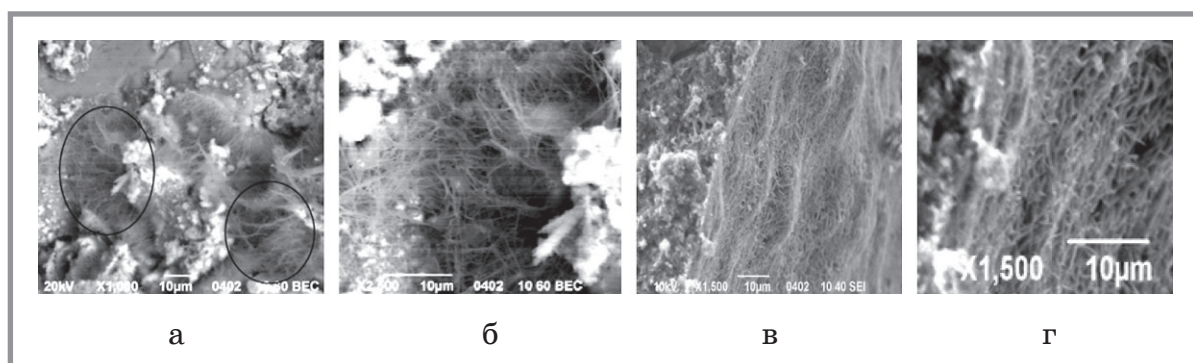


Рис. 2. Структура образца газобетона с добавкой УНТ 0,005% от массы сухого вяжущего:

а, б – микро и нанокристаллы (возможно это плотно переплетенные нановолокна/наотрубки), заполняющие микропоры и микропустоты гидросиликата кальция; в, г – новообразования в виде продолговатых гексагональных кристаллов внутри стенки поры

прочности на 70% по сравнению с эталонным не модифицированным образцом (рис. 1).

Исследования методом сканирующей электронной микроскопии свидетельствуют о том, что УНТ способствуют росту микро и нанокристаллов в микропорах и микропустотах гидросиликата кальция (рис. 2 а, б). Вследствие этого происходит уменьшение пористости цементного камня на микро- и наноуровнях и уплотнение межпоровой структуры газобетона, что приводит к увеличению прочности.

На микрофотографии внутри порового пространства наблюдаются новообразования в виде продолговатых гексагональных кристаллов (рис. 2 б, в). Результаты измерений теплофизических параметров показали, что использование УНТ приводит к улучшению теплоизоляционных свойств цементного композита.

Результаты испытаний на сжатие образцов тяжелого бетона с содержанием УНТ 0,005% от массы цемента демонстрируют значительное повышение прочности в сравнении с эталонным образцом в ранние сроки (до 550%). На 28 день прирост прочности нивелировался и составил порядка 90% (рис. 3).

Для установления причин столь значительного повышения прочности был проведен рентгенофазовый анализ структуры тяжелого бетона. Установлено, что высота пиков характерных для гидроксида кальция

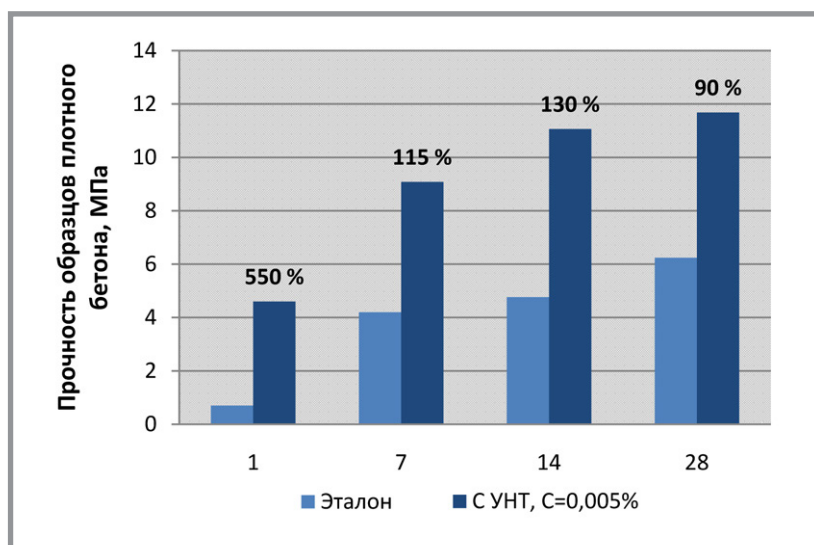


Рис. 3. Кинетика набора прочности бетона с добавкой УНТ
(в % указан прирост прочности к эталонному образцу)

(портландит – $\text{Ca}(\text{OH})_2$) в цементном композите, модифицированном УНТ, ниже по сравнению с эталоном ($d = 4,91; 2,63; 1,93; 1,8; 1,48$) (рис. 4).

Степень гидратации клинкерных минералов C_3S и $\beta\text{-C}_2\text{S}$ выше у образца с добавкой УНТ. Об этом свидетельствует уменьшение интенсивности пиков рентгенограммы на рис. 5 (пики $d = 3,04; 2,79; 2,74; 2,61; 2,18$).

Известно, что по мере снижения основности гидросиликатного геля изменяется его структура, возрастает пористость. Основность гидросиликатного геля можно рассчитать, если известно количество образовавшегося в результате реакции гидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и количество непрореагировавших C_3S и $\beta\text{-C}_2\text{S}$. Анализ результатов рентгенофазовых исследований показал, что бетон с добавкой УНТ имеет более высокую степень гидратации клинкерных минералов и содержит меньшее количество портландита. На основании этих данных можно сделать вывод о более высоком показателе основности гидросиликатного геля цементного композита, модифицированного УНТ.

Перспективным направлением является изучение применимости в бетонах заполнителей, содержащих в своем составе реакционный кремнезем. Примером таких заполнителей служит гранулированное

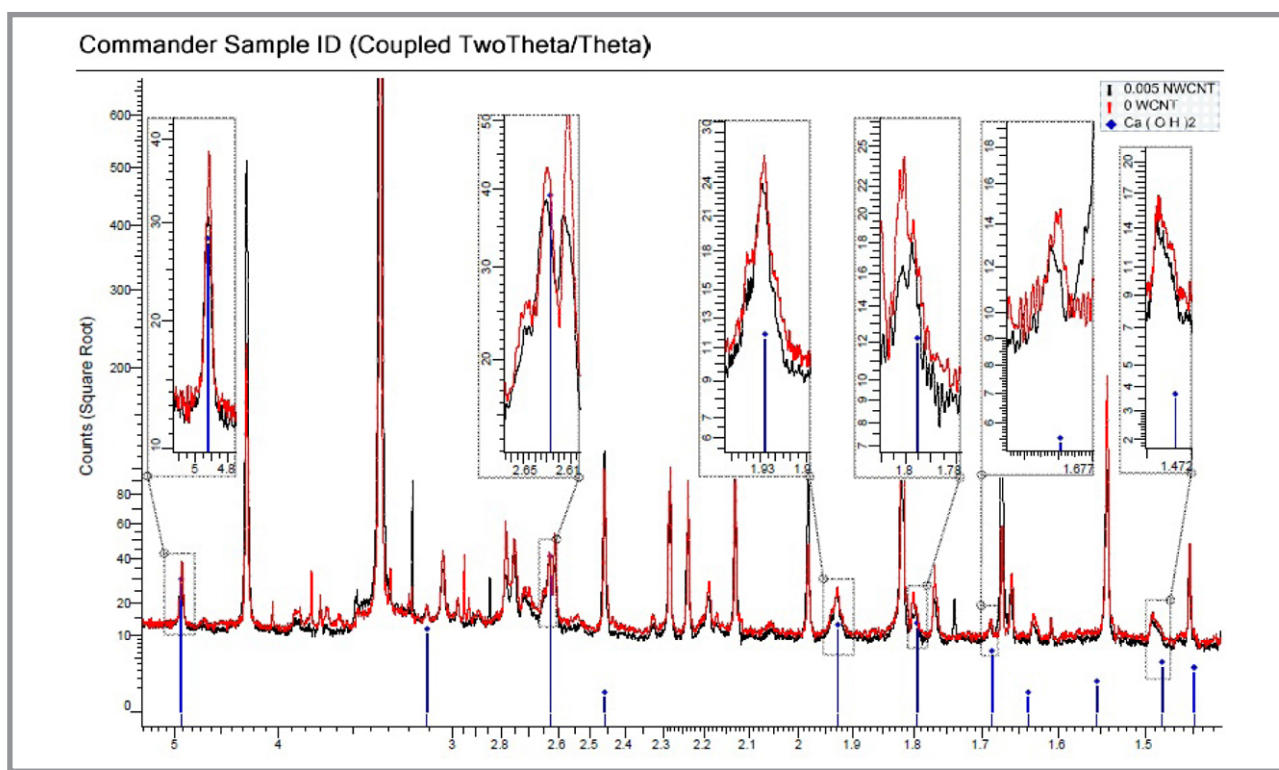


Рис. 4. Рентгенограмма структуры тяжелого бетона чистого и с добавкой УНТ

пеностекло. Вместе с тем применение заполнителя в виде стекла, содержащего кремнезем, ограничено по причине щелочно-силикатного взаимодействия между оксидом кремния и щелочной средой бетона [12]. В основе щелочно-силикатных реакций заложено взаимодействие ионов гидросиликата кальция с определенными типами кремнезема, которые находятся в заполнителе, что ведет к образованию геля и появлению внутренних напряжений при его расширении и, как следствие, трещинообразованию в цементном камне [13]. Интенсивность протекания реакции зависит от содержания в заполнителе реакционного оксида кремния и показателей pH поровой жидкости. Повышение значения pH поровой жидкости ведет к нарушению термодинамического равновесия щелочно-силикатной реакции, в результате чего повышается содержание продуктов реакции, которые в дальнейшем приводят к внутренним напряжениям в бетоне до 20 МПа. Из литературы известно, что показатель pH водной среды бетона снижается в присутствии УНТ, что позволяет сделать вывод об ингибировании УНТ щелочно-силикат-

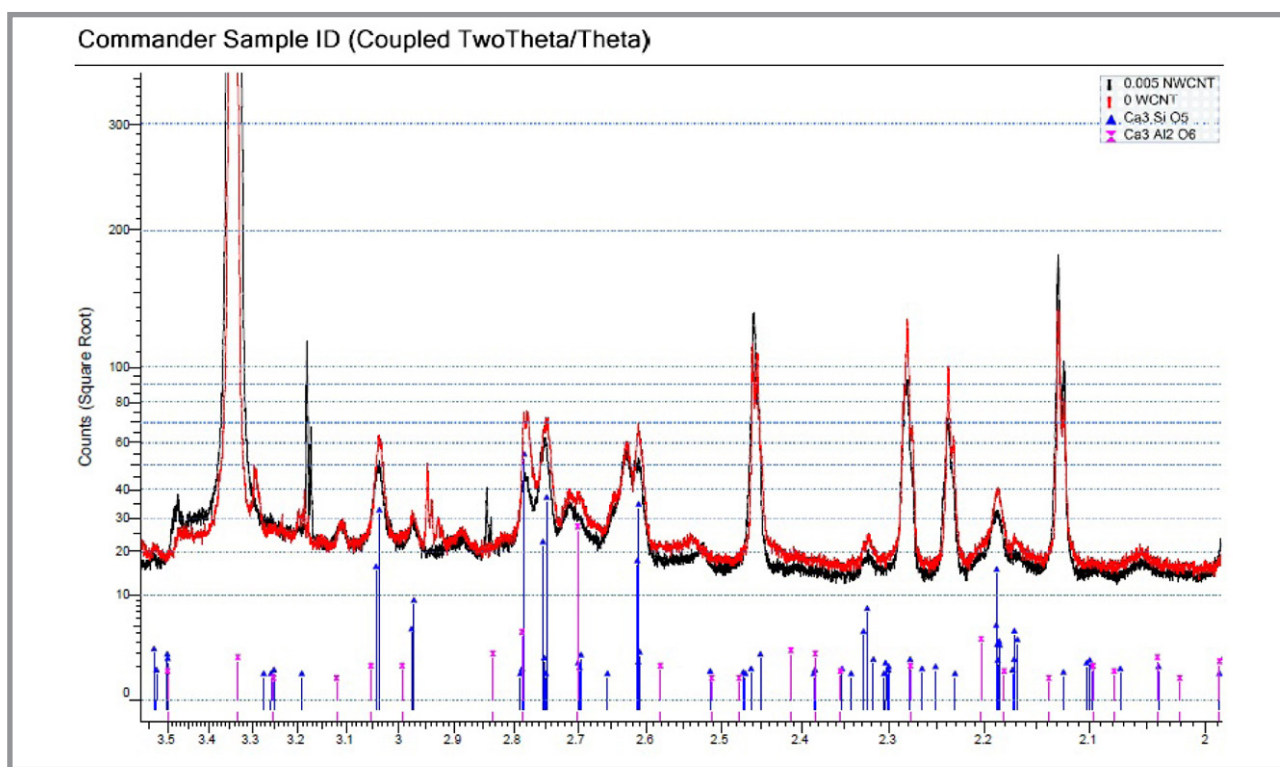


Рис. 5. Рентгенограмма структуры тяжелого бетона чистого и с добавкой УНТ

ных реакций [14]. На рис. 6 а, б представлены микрофотографии образца бетона на заполнителе из пеностекла с добавкой 0,15% УНТ от массы цемента. По фотографиям видно, что на границе раздела фаз между заполнителем и цементной матрицей эталонный образец покрыт микротрещинами, в то время как в образце с добавкой УНТ микротрещины отсутствуют.

Постоянно растущий спрос на высококачественные упаковочные материалы для пищевой и фармацевтической промышленности привел к созданию многотонажных производств полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и соответственно обусловил необходимость их последующей утилизации или переработки. Этим фактом, отчасти, обусловлен повышенный интерес к использованию продуктов переработки ПЭТФ для производства на его основе полимерных волокон и их последующему получению различного рода изделий в виде матов строительного назначения. Утеплительные маты на основе ПЭТФ обладают целым рядом преимуществ: они долговечны, фунгицидны, обладают высокими теплоизоляционными

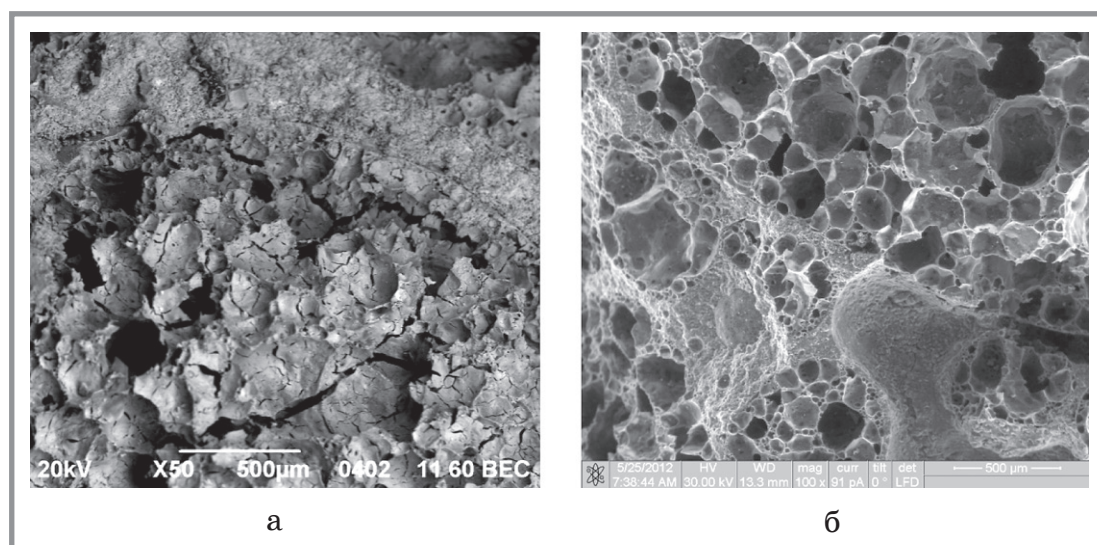


Рис. 6. Микрофотография образцов цементного композита на заполнителе из гранулированного пеностекла:
а – эталонный, б – с добавкой УНТ

характеристиками, низким водопоглощением. Вместе с тем как любой полимер данный материал без применения дополнительных обработок прекрасно горит [15, 16]. Снижению горючести полимерных материалов посвящены многочисленные работы, в том числе [17, 18].

Для снижения пожарной опасности полимеров используются различного рода антипирены, действие которых основано на эффекте интумесценции [17–19]. Суть механизма интумесценции заключается в эндотермическом вспенивании поверхности материала при нагреве и образовании защитной коксовой фазы, ограничивающей поступление воздуха, снижающей эффект каплеобразования, замедляющей выход горючих углеводородов – продуктов деструкции полимера. Подобный эффект достигается при использовании специальных добавок, в состав которых обычно входит фосфор, ингибирующий горение, углеродная составляющая, способствующая коксообразованию, и вспенивающий агент. Содержание в полимерном композите антипиренов, работающих по принципу интумесценции, как правило, составляет десятки масс.%. При этом механические свойства композита по сравнению с исходным материалом заметно снижаются, что недопустимо в ряде случаев, в том числе при изготовлении строительных матов на основе полимерных волокон.

Особое внимание в последние годы уделяется новому способу ингибирования горения, основанному на использовании нанодобавок с применением слоистых силикатов [20, 21] и углеродных нанотрубок [18, 22]. Входя в состав полимерного композита, наночастицы заметно снижают его горючесть без отрицательного влияния на механические свойства. Механизм снижения горючести может быть связан с ингибированием различных фаз термической и термоокислительной деструкции, физико-химическими процессами, определяющими выход коксового остатка, и зависит от свойств наночастиц и типа полимера.

Процесс термоокислительной деструкции ПЭТФ имеет свои характерные особенности. ПЭТФ, содержащий в своей структуре ароматические циклы, может быть отнесен к условно карбонизирующимся полимерам. В условиях пиролитического процесса в макромолекулах образуются участки с сопряженными кратными связями, происходит переход от линейной структуры к пространственно-сетчатой. Это приводит к формированию нелетучего карбонизированного остатка. Поэтому, для снижения горючести ПЭТФ, необходимо создать условия, которые бы способствовали замедлению процесса пиролиза и образованию защитного карбонизированного слоя [23].

При термодеструкции ПЭТФ первоначально происходит разрыв молекулярной цепи. Затем идут вторичные реакции, приводящие к выходу летучих низкомолекулярных фрагментов и/или нелетучего остатка при температуре 500 °С. Общую скорость пиролиза лимитирует начальный разрыв молекулярной цепи, тогда как последующие реакции происходят значительно быстрее. Поэтому только ингибирование первой стадии может остановить образование летучих фрагментов.

Для ингибирования горения ПЭТФ использовались многослойные УНТ. Как известно, создание полимерных нанокомпозитов на основе УНТ затруднено их склонностью к агломерации и слабым межфазным взаимодействиям с полимерной матрицей. Поэтому для эффективного использования УНТ подвергались предварительной химической обработке, в ходе которой на поверхность частиц сажались карбоксильные функциональные группы. Методика функционализации УНТ карбоксильными группами подробно описана в литературе [24]. Функционализированные УНТ добавлялись в полимерный материал через расплав, в результате чего было получено композиционное волокно с пониженной горючестью. Исследования результирующего нанокомпозита мето-

дами растровой и просвечивающей электронной микроскопии, а также сканирующей зондовой микроскопии подтвердили равномерное распределение наночастиц в полимерной матрице и незначительную дефектность результирующего волокна.

По результатам термохимических исследований методом дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа были сделаны выводы о незначительном влиянии УНТ на первую стадию термической деструкции ПЭТФ (400–450 °С), однако при этом о стабилизирующем эффекте на вторую стадию термической деструкции (450–550 °С).

Исследования, проведенные в условиях сертифицированных испытаний ИвПожЛаб, также свидетельствуют о снижении воспламеняемости нанокompозитного волокна. По-видимому, природа данного эффекта во многом зависит от радикально-акцепторных свойств УНТ.

Полученные методом квантово-химического моделирования теоретические результаты косвенно подтверждают экспериментальные выводы [25]. В работе проведено исследование влияния чистых и химически модифицированных (-COOH) группами УНТ на структуру олигомера ПЭТФ. Расчеты показали, что чистая УНТ практически не взаимодействует с олигомером ПЭТФ и не влияет на его структуру. Взаимодействие ковалентно модифицированной УНТ с ПЭТФ значительно сильнее. В присутствии функционализированной УНТ энергетически более устойчива трансформация ПЭТФ, что согласуется с результатами [26], полученными при помощи ИК спектроскопии. Согласно [26], этот факт влияет на кристалличность композиционного материала на основе ПЭТФ. Тем не менее, из результатов расчета следует, что влияние УНТ на энергии связей в ПЭТФ незначительно. Это позволяет сделать вывод о неизменности начальной фазы термической деструкции композита на основе ПЭТФ. Тем не менее, поскольку присутствие УНТ оказывает существенное влияние на электронную структуру системы, вероятно, их роль в реакциях с участием радикалов, соответствующих последующей фазе деструкции, будет более значительной.

Результаты исследований, представленные в данной работе, свидетельствуют о перспективности применения углеродных наноматериалов в виде нанотрубок или нановолокон в различного рода строительных материалах, несмотря на их принципиальное различие в химическом составе и структуре. Важным фактором является то, что введение УНТ

приводит к повышению как механических свойств, так и функциональных или служебных свойств за счет взаимодействий на наноуровне: молекулярном и (или) электронном. При этом значения таких взаимодействий могут значительно превышать уровень взаимодействий макроуровня (дисперсионное упрочнение, упрочнения за счет уменьшения размеров фаз и прочее). Следует также отметить, что основное влияние наноразмерных добавок, как правило, проявляется в области малых или сверх малых концентраций, что является важнейшим фактором при разработке новых строительных материалов. Соответственно, несмотря на достаточно высокую стоимость на сегодняшний момент углеродных наноматериалов, их применение во многих случаях будет экономически оправдано, а в ряде случаев альтернативы их применения просто отсутствуют.

Уважаемые коллеги!

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

Петрунин С.Ю., Попов М.Ю., Ваганов В.Е. и др. Опыт применения тубулярных углеродных наноструктур в строительных материалах // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012, Том 4, № 5. С. 65–79. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (дата обращения: __ __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Petrinin S.Y., Popov M.Y., Vaganov V.Y. et al. Application of tubular nanostructure in construction materials. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2012, Vol. 4, no. 5, pp. 65–79. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (Accessed __ __ __ __). (In Russian).

Библиографический список:

1. Гусев Б.В. Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. № 2. С. 5–10. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 06.09.2012).
2. Нанотехнологии в бетоне / Ф. Санчес, К. Соболев // Строительство и строительные материалы. 2010. № 11. Ч. 24. С. 2060–2071.
3. Фаликман В.Р., Соболев К.Г. «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 1. С. 21–33. Гос. регистр. № 0421100108. URL: [http //www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 06.09.2012).
4. Оптимизация структуры наносистем на примере высококонцентрированной керамической вяжущей суспензии / Н.А.Шаповалов, В.В.Строкова, А.В.Череватова // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 16–17.
5. Прочность на сжатие и микроструктура цементных композитов с комплексной добавкой углеродных нанотрубок и золы / А. Чипаниш, Т. Ночиа, В. Вонгки, П. Торкитикул // Материаловедение и Строительство. 2010. № 527. С. 1063–1067.
6. Цементный пенобетон, армированный углеродными нанотрубками / Г. Яковлев, Я. Керин, И. Жирньен // Материаловедение. 2006. № 2. Ч. 12. С. 147–151.
7. Петрунин С.Ю. Анализ механизма упрочнения ячеистых бетонов, модифицированных углеродными наноструктурами / Л.В. Закревская, Ю.В. Баранова, В.Е. Ваганов, С.Ю. Петрунин, Р.Н. Дживак // Инновационные материалы и технологии: материалы XX Международной научно-практической конференции 11–12 октября 2011 г. Белгород: Белгор. гос. технолог. ун-т. 2011. С. 102–106.
8. Петрунин С.Ю. Влияние наноразмерного модификатора на прочность цементного композита / С.Ю. Петрунин, Л.В. Закревская, В.Е. Ваганов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Дн-вск.: ПГАСА. 2012. Вып. 64. С. 35–39.
9. Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками / Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А. Корженко и др. // Строит. материалы. М. 2011. № 2. С. 47–51.
10. Стоноски П. Новые процессы по улучшению применимости УНТ в цементах / П. Стоноски, П. Мондаль, Ч. Марш // NICOM 4: 4й Международный Симпозиум по Нанотехнологиям в Строительстве. Греция: Агиос Николаос, Крит. 2012. С. 16.
11. Мансур Т. Важность текущих значений в оценке качества обрабатываемой поверхности цементных смесей многослойными углеродными / Т. Мансур, Н. Яздани // NICOM 4: 4-й Международный Симпозиум по Нанотехнологиям в Строительстве. Греция: Агиос Николаос, Крит. 2012. С. 78.

12. Попов М. Ю. Новые легкие теплоизоляционные бетоны на основе пеностекла / М.Ю. Попов, Л.В. Закревская, В.Е. Ваганов // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Дн-вск: ПГАСА. 2012. Вып. 64. С. 366–370.
13. Тэйлор Х. Химия цемента. М: Мир. 1996. 560 с.
14. Эффективность активации воды затворения углеродными наночастицами / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.Д. Староверов // Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург. 2009. № 1. С. 40–45.
15. Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. М: Наука. 1981. 280 с.
16. Берлин А.А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести. Химия. 1996. С. 57–63.
17. Боубигот С., Дикузн С. Вздутие нанокомполитов: Новый путь для полимерных наноматериалов / С. Боубигот, С. Дикузн // Горение полимерных композитов. 2007. С. 131–162.
18. Механизм игибирования горения нанокомполитов на основе нанотрубок / Т. Кашиваги / Из финального отчета для департамента коммерческого строительства США и испытательной пожарной лаборатории Национального института стандартов и технологии. 2007.
19. Роль интумесценции в проблеме огнезащиты полимеров / Н.В. Рубан, Г.Е. Заиков // Пластические массы. 2000. № 1. С. 39–43.
20. Нанокомполиты: революционно новый подход антипирена / Ж.В. Гилман // SAMPE. 1997. Вып. 33. С. 40–46.
21. Исследования горючести и тепловой стабильности полимеров слоисто-силикатных нанокомполитов / Ж.В. Гилман // Прикладная наука о глинах. 1999. 15 (1–2). С. 31–49.
22. Влияние добавления МУНТ на термоокислительные разложения и горение ПП/МУНТ нанокомполитов / С.М. Ломакин // Материаловедение. 2009.
23. Дутикова О.С. Ингибирование процессов термолитза и горения полиэтилентерефтала-та с использованием пенококсообразующих систем: дис. ... канд. хим. наук. М.. 2005. 134 с.
24. Углеродные нанотрубки – неорганические гибриды / Д. Эдер // Хим. 2010. С. 1348–1385.
25. Квантово-химическое исследование влияния углеродных нанотрубок на структуру композитов на основе ПЭТФ / В.В. Решетняк, В.Е. Ваганов, Е.В. Нефедова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Дн-вск: ГВУЗ «ПГАСА». 2012. Вып. 64. Сер. Стародубовские чтения. С. 383–387.
26. Полиэтилентерефтала-т – нанокомполиты на основе многослойных нанотрубок: влияние нанотрубок на комформацию, кристалличность и поведение кристаллизации ПЭТФ // Журнал полимерной науки. Вып. В: полимерная физика. Ч. 46. 2008. С. 668–676.

References:

1. *Gusev B.V.* Problems of nanomaterials creation and nanotechnologies development in construction industry // *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet–Journal*. Moscow. «NanoStroitelstvo». 2009. № 2. pp. 5–10. URL <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 06.09.2012).
2. *Nanotechnology in Concrete* / Sanchez F. and Sobolev K. // *Construction and building materials*, Vol. 24, № 11, 2010. P. 2060–2071.
3. *Falikman V.P., Sobolev K.G.* «There’s plenty room at the bottom», or how nanotechnologies can change the world of concrete // *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet–Journal*. Moscow. «NanoStroitelstvo». 2011. №. 1. pp. 21–33. URL <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 06.09.2012).
4. Optimization of the nanosystems structure on the example of a highly concentrated ceramic binder suspension / Shapovalov N.A., Strokova V.V., Cherevatova A.V. // *Construction materials*, 2006. № 8 P. 16–17.
5. Compressive strength and microstructure of carbon nanotubes – fly ash cement composites / A. Chaipanich, T. Nochaiya, W. Wongkeo, P. Torkittikul // *Science of Material and Engineering A* 527 2010. 1063–1067.
6. Cement Based Foam Concrete Reinforced by Carbon Nanotubes / G. Yakovlev, J. Keriene, A. Gailius, I. Girniene. // *Material Science*. Vol. 12, No. 2. 2006 P. 147–151.
7. *Petrudin S.Yu.* Analysis of the hardening mechanism of cellular concrete, modified by carbon nanostructures / Zakrevskaya L.V., Baranova Yu.V., Vaganov V.E., Petrudin S.Yu., Dzhivak R.N. // *Innovative materials and technologies: materials of the XX International scientific-practical conference 11–12 October 2011* / Belgor. State. tehn.un. Belgorod, 2011. P.102–106.
8. *Petrudin S.Yu.* Influence of nanoscale modifier on the strength of cement composite / Petrudin S.Yu., Zakrevskaya L.V., Vaganov V.E. // *Construction, materials science, engineering*. Col. of scien. works. Iss. 64 DSACEA, 2012. P. 35–39.
9. Modification of cement concrete with multi-layer carbon nanotubes / Yakovlev G.I., Perushin G.N., Korzhenko A., Buryanov A.F., Pudov I.A., Lushnikova A.A. // *Construction materials M*. 2011. № 2. P. 47–51.
10. *Peter Stynoski.* Novel Process to Improve CNT Utibility in Cement / Peter Stynoski, Paramita Mondal, Charles Marsh. // *NICOM 4: 4th International Symposium on Nanotechnology in Construction*. Agios Nikolaos, Crete, Greece, 2012. P. 16.
11. *Tanvir Manzur.* Importance of flow values in qualitative evaluation of surface treated by multi-layer carbon nanotubes reinforced cementitious mix / T. Manzur, N. Yazdani. // *NICOM 4: 4th International Symposium on Nanotechnology in Construction*. Agios Nikolaos, Crete, Greece, 2012. P. 78.

12. *Popov M. Yu.* The new lightweight insulating foam glass concrete / Popov M. Yu., Zakrevskaya L.V., Vaganov V.E. // Construction, materials science, engineering. Col. of scien. works. Iss. 64 DSACEA, 2012. P. 366–370.
13. *Taylor H.F.* Cement chemistry. M. Mir, 1996. 560 p., translation from English.
14. The effectiveness of tempering water activated by carbon nanoparticles / Pukharensko Yu.V., Aubakirova I.U., Staroverov V.D. // The engineering-construction magazine. St. Petersburg. 2009, № 1. P. 40–45.
15. Burning of polymeric materials / Aseyeva R.M., Zaikov G.E. M.Science. 1981. 280 c.
16. *Berlin A.A.* Combustion of polymers and polymeric materials of low combustibility. T. Chemistry. 1996. P. 57–63.
17. *Serge Bourbigot.* Intumescence and nanocomposites: a novel route for flame-retarding polymeric materials. / S. Bourbigot, S. Ducuesne. // Flame retardant polymer nanocomposites. 2007. P. 131–162.
18. Flame retardant mechanism of the nanotubes based on nanocomposites: Final report / US Department of Commerce Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology; Kashiwagi T.; 2007.
19. The value of intumescence in the issue of fire protection of polymers / Ruban N.V., Zaikov G.E. // Plastics. 2000. № 1. P. 39–43.
20. Nanocomposites: a revolutionary new flame retardant approach / Gilman J.W. et al. // SAMPE J. 1997, 33. P. 40 – 46.
21. Flammability and thermal stability studies of polymer layered-silicate (clay) nanocomposites / Gilman J.W. // Appl. Clay Sci. 1999, 15 (1–2). P. 31–49.
22. The effect of multi-walled carbon nanotubes addition on the thermo-oxidative decomposition and flammability of PP/MWCNT nanocomposites / Lomakin S.M. et al. // J. Mater. Sci. 2009.
23. *Dutikova O.S.* The inhibition process of combustion and thermal decomposition of polyethylene terephthalate with the use of foam coke-forming systems: dis. Ph.D., 02.00.06 M., 2005. – 134 p.
24. Carbon nanotube – inorganic hybrids / Eder D. // Chem. Rev. 110, 2010. P. 1348–1385.
25. Quantum-chemical study of the effect of carbon nanotubes on the composites structure based on polyethylene terephthalate / Reshetnyak V.V., Vaganov V.E., Nefedova Ye.V. // Construction, materials science, engineering. Col. of scien. works. Iss. 64 DSACEA, 2012. P. 383–387.
26. Polyethylene terephthalate – multi-layer nanotubes nanocomposites: effect of nanotubes on the conformation, crystallinity and crystallization behavior of PET / Tzavalas S., Mouzakis E.D., et al. // J. Pol. Sci., part B: polymer physics. Vol. 46, 2008. P. 668–676.

Контакты
Contact information

e-mail: ser-petru@yandex.ru

При поддержке:



МИНЭКОНОМРАЗВИТИЯ
РОССИИ



МИНКОМСВЯЗЬ
РОССИИ



ПРЕМИЯ В ОБЛАСТИ ИННОВАЦИЙ «ВРЕМЯ ИННОВАЦИЙ — 2012»

www.novpro.org

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



ОФИЦИАЛЬНОЕ ON-LINE PR-АГЕНТСТВО



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



Top Builder

КОМПАНИЯ

БИЗНЕС
журнал



Босс



NewScientist



на правах рекламы

УДК 691.335-022.532

КОРОЛЕВ Евгений Валерьевич, д-р техн. наук, проф., директор научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии»¹;

СМИРНОВ Владимир Алексеевич, канд. техн. наук, доц., ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии»¹;

АЛЬБАКАСОВ Азамат Илькинович, канд. техн. наук, доц. кафедры сопротивления материалов, декан архитектурно-строительного факультета²

KOROLEV Evgenij Valerjevich, Doctor of Engineering, Professor,
Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology»³;

SMIRNOV Vladimir Alexeevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Leading Research Officer of the «Nanotechnology» Research and Educational Center³;

ALBAKASOV Azamat Ikinovich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Dean of the Department of Architecture and Construction⁴

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ С ТЕРМОПЛАСТИЧНОЙ МАТРИЦЕЙ⁵

NANOMODIFIED COMPOSITES WITH THERMOPLASTIC MATRIX⁵

Обсуждается проблема выбора вяжущего для строительных композитов, эксплуатирующихся в условиях воздействия агрессивных сред. Предлагается метод повышения показателей эксплуатационных свойств, включающий синтез наноразмерных новообразований на межфазной границе. Приводятся отдельные результаты исследования показателей свойств наномодифицированных композитов с термопластичной матрицей.

Selection of binder for construction composites exposed to aggressive environments is discussed. The innovative method of nanomodification is offered. The method is realized by means of nanoscale objects synthesis on interphase boundaries. Properties of nanomodified composites with thermoplastic matrix are investigated, and some results of the investigation are presented.

¹ Московский государственный строительный университет, Россия;

² Оренбургский государственный университет, Россия;

³ Moscow State University of Civil Engineering, Russian Federation;

⁴ Orenburg State University, Russian Federation;

⁵ Работа подготовлена при поддержке ГК 16.518.11.7080 от 26.08.2011 г.

Ключевые слова: серный композит, низкомолекулярный каучук, наномодифицирование.

Key words: sulfur composite, rubber of low molecular weight, nanomodification.

Многолетняя практика применения вяжущих веществ, на основе которых изготавливаются разнообразные строительные материалы, а также разносторонние научные исследования позволили сформулировать требования к их качеству. Вяжущие для композитов, эксплуатирующихся в сложных условиях (радиационные воздействия, химически активные среды и др.), должны удовлетворять ряду дополнительных требований [1].

Многообразие исходных компонентов композиционных материалов с полимерной матрицей является одной из предпосылок улучшения показателей эксплуатационных свойств и, как следствие, успешного их применения в качестве функциональных материалов в строительстве [2]. Основными факторами, сдерживающими широкое распространение полимерных композиционных материалов в строительной отрасли, являются высокая стоимость и/или повышенная сложность производства изделий.

Серные композиционные материалы являются композиционными материалами с термопластичной матрицей, при изготовлении которых в качестве вяжущего используется сера. Отмеченные для полимерных композиционных материалов недостатки серным композитам не присущи. К положительным свойствам серных композитов относятся: технологичность серобетонных и растворных смесей; быстрый набор прочности, связанный только с периодом остывания и кристаллизации серы; относительно высокая прочность; практически универсальная стойкость к действию агрессивных сред; низкое водопоглощение и, следовательно, высокая морозо- и водостойкость.

Возможности достижения требуемых показателей эксплуатационных свойств дисперсно-наполненных композиционных материалов на серном связующем могут быть реализованы большим числом способов, в частности: введением в матричный материал стабилизаторов полимерной фазы; введением веществ, родных материалам дисперсных фаз;

введением активных (усиливающих) дисперсных наполнителей; хаотическим армированием. Одним из эффективных способов управления свойствами серных композитов является формирование на межфазных границах переходного слоя – непроницаемой оболочки вулканизата – предотвращающего нежелательные химические взаимодействия. Значение толщины переходного слоя синтезируемых новообразований по порядку величины близко к 100 нм [3]; проявление масштабного фактора – характеристический признак, позволяющий говорить о наномодификации таких композитов [2].

Практическая реализация нанотехнологии при изготовлении композиционных материалов с термопластичной матрицей осуществляется посредством технологических операций нанесения слоя прекурсора на поверхность наполнителя с последующей обработкой по выбранному температурному режиму. В качестве прекурсора может применяться низкомолекулярный бутадиеновый каучук. Базой выбора являются известные представления о химических свойствах указанного прекурсора.

В ходе экспериментальных исследований в качестве компонентов композиции использованы: техническая сера (ГОСТ 127-93), ферроборовый шлак с удельной поверхностью 150 м²/кг и каучук СКДН-Н (ТУ 38-103515-82).

Численное исследование напряженно-деформированного состояния системы «наполнитель-вулканизат-серное вяжущее» свидетельствует, что слой вулканизата обеспечивает практически свободную термическую усадку оболочки серы и создает предпосылки формирования кристаллической структуры в равновесных условиях. Адекватность вычислительных экспериментов подтверждается кинетикой первичного параметра сигнала акустической эмиссии⁶, приведенного к выходу пьезопреобразователя усредненного напряжения (рис. 1).

При построении графика на рис. 1 по горизонтальной оси откладывалось частное от деления текущего механического напряжения исследуемого образца на экспериментально найденное разрушающее напряжение.

Как следует из представленных результатов, модифицирование поверхности дисперсной фазы приводит не только к снижению интеграль-

⁶ В процессе измерений использованы модули акустомеханической системы «Унисон» – авторской разработки НОЦ НТ ФГБОУ ВПО «МГСУ»

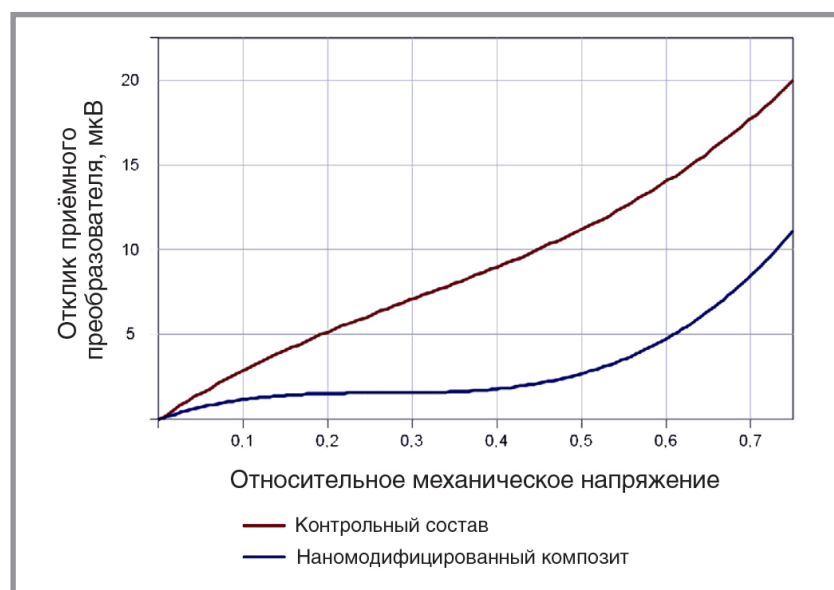


Рис. 1. Кинетика первичного параметра сигнала акустической эмиссии (АЭ)

ного значения АЭ — что косвенно свидетельствует о пониженной концентрации очагов разрушения — но и к перераспределению АЭ на более поздние этапы нагружения материала. Несмотря на то, что соответствующие рис. 1 дифференциальные зависимости достигают максимальных значений на границах оси относительного напряжения, характер этих кривых существенно отличается: для наномодифицированного композита на достаточно большом интервале вблизи значения $\sigma/\sigma_{\max} \sim 0,3$ дифференциальное значение близко к нулю. Это свидетельствует о том, что число очагов разрушения (перенапряженных связей) практически не зависит от механического напряжения. Такой характер сформировавшейся структуры композита указывает также на относительно малое количество первоначальных дефектов (очагов разрушения, сформировавшихся до начала механического нагружения). Указанные результаты позволяют прогнозировать повышенные значения показателей эксплуатационных свойств.

В процессе экспериментальных исследований последнее заключение было полностью подтверждено: реализация технологических операций формирования слоя новообразований сопровождается положительными изменениями всего комплекса эксплуатационных свойств композита.

Модифицирование поверхности частиц наполнителя способствует повышению трещиностойкости разрабатываемых материалов. Серные композиты на модифицированном наполнителе, обработанном 30 и 50% -ным (0,6 и 1,0% от массы серы) раствором каучука, подвергшиеся изотермической выдержке в течение 3 часов, имеют максимальное значение коэффициента сопротивления воздействию агрессивных сред.

Для оценки сравнительной эффективности разработанных материалов использован критериальный подход [4], в рамках которого принимается возможность численной оценки каждой альтернативы. Количественная формулировка обобщенного критерия качества фиксирует предпочтения требуемых эксплуатационных показателей: коэффициентов стойкости к агрессивным средам, выбранным исходя из целевого назначения материала. Построенные многообразия равного уровня позволили определить многомерную область пространства действующих переменных, соответствующую реализации комплекса требуемых показателей.

Максимальные значения показателей эксплуатационных свойств достигаются для композиционных материалов, дисперсная фаза которых обработана каучуком марки СКДН-Н в количестве 0,6% от массы серы; при этом оптимальная продолжительность изотермической выдержки составляет 3 ч. Указанные рецептурно-технологические условия приводят к формированию термодинамически устойчивого слоя новообразований, толщина которого составляет от 44 до 73 нм.

Разработанные композиты могут быть использованы при изготовлении элементов ограждающих конструкций, предназначенных для использования в условиях воздействия агрессивных сред, а также в условиях воздействия ионизирующих излучений. Применение наномодифицированных композитов позволяет увеличить длительность безремонтного цикла изделий, а также уменьшить энергозатраты при изготовлении ограждающих конструкций. По результатам проведенных исследований подана заявка на патент РФ на изобретение «Наномодифицированный композит на термопластичной матрице».

Библиографический список:

1. Соколова Ю.А. Методологические принципы создания радиационно-защитных каркасных бетонов / Ю.А. Соколова, О.В. Королева, А.П. Самошин, Е.В. Королёв. М.: ГАСИС. 2006. 54 с.
2. Смирнов В.А., Королёв Е.В. Наномодифицированные эпоксидные композиты // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «Нано-Строительство». 2012. № 4 (20). С. 61–69. URL: <http://nanobuild.ru> (дата обращения 15.09.2012).
3. Королёв Е.В. Радиационно-защитные и химически стойкие серные строительные материалы / Е.В. Королёв, Ю.М. Баженов, А.И. Альбакасов. Пенза-Оренбург: ИПК ОГУ. 2010. 364 с.
4. Королёв Е.В. Глетглицериновые строительные материалы для защиты от радиации / Е.В. Королёв, А.Н. Бормотов, А.С. Иноземцев, С.С. Иноземцев // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 69–71.

References:

1. Sokolova Yu.A. Methodological principles of the radiation-protective concretes development. / Ya.A. Sokolova, O.V. Koroleva, A.P. Samoshin, E.V. Korolev. Moscow.: GASIS. 2006. 54 p.
2. Smirnov V.A., Korolev E.V. Nanomodified epoxy composites // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow: CNT «NanoStroitelstvo». 2012. № 4 (20). PP. 61–69. URL: <http://nanobuild.ru> (date of access: 15.09.2012).
3. Korolev E.V. Radiation-protective and chemical resistant sulfur construction materials / E.V. Korolev, Ju.,M. Bazhenov, A.I. Albakasov. Penza-Orenburg: IPK OGU. 2010. 364 p.
4. Korolev E.V. Litharge-glycerol radiation-protective construction materials / E.V. Korolev, A.N. Bormotov, A.S. Inozemtsev, S.S. Inozemtsev // Building Materials. 2009. № 12. PP. 69–71.

Контакты
Contact information

e-mail: korolev@nocnt.ru
 e-mail: smirnov@nocnt.ru

Строительная и интерьерная выставка

SibBuild СтройСиб Новосибирск, 2013



5–8 февраля 2013

- Строительные материалы и оборудование
- Инструменты и крепеж
- Натуральный и искусственный камень
- Бетоны. Растворы
Бетонные заводы

19–22 февраля 2013

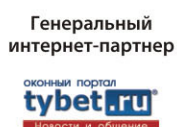
- Отделочные материалы
- Двери и замки
- Краски. Сухие строительные смеси
- Керамика. Сантехника
- Инженерное оборудование
- Электрика. Системы автоматизации зданий



Забронируйте свой стенд сейчас
www.sibbuild.ru



Организатор
ИТЕ Сибирская Ярмарка
г. Новосибирск
ул. Станционная, 104
тел.: +7 (383) 363 00 63
«Новосибирск Экспоцентр»



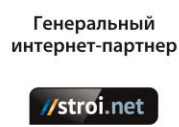
Генеральный
интернет-партнер



Генеральный
информационный спонсор



Официальный
партнер



Генеральный
интернет-партнер



ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ, ПАТЕНТЫ

RESEARCHES, DEVELOPMENTS, PATENTS

УДК 69

КУЗЬМИНА Вера Павловна, канд. техн. наук, дир. ООО «КОЛОРИТ-МЕХАНОХИМИЯ», Россия

KUZMINA Vera Pavlovna, Ph.D. in Engineering, Director of Open Company
«COLORIT-MEHANOHIMIA», Russian Federation

СОЗДАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ МНОГОУРОВНЕВОГО СТРОЕНИЯ ПРИ ВВЕДЕНИИ НАНОДОБАВОК ТИПА «СНИЗУ–ВВЕРХ»

CREATION OF BUILDING MULTILEVEL STRUCTURED COMPOSITES BY INTRODUCING OF NANOADDITIVES OF TYPE «FROM BELOW–UPWARDS»

Приведен анализ предлагаемых подходов для создания строительных композитов многоуровневого строения при введении нанодобавок типа «снизу–вверх».

The paper presents the analysis of proposed approaches for creation of building multilevel structured composites by introducing of nanoadditives of type «from below–upwards».

Ключевые слова: патент, изобретение, строительные композиты, нанодобавки «снизу–вверх», наномодификация, многоуровневое строение, контактная зона строительного композита, прочность, долговечность.

Key words: patent, invention, building composites, nanoadditives «from below–upwards», nanomodification, multilevel structure, contact zone of building composites, strength, durability.

Рассмотрены перспективы создания строительных композитов многоуровневого строения при введении нанодобавок «снизу–вверх», а также принципы метода молекулярного наслаивания (МН), его синтетические возможности при создании наноструктур заданного состава и строения на поверхности твердых тел.

Основная идея метода МН состоит в последовательном наращивании монослоев структурных единиц заданного химического состава и строения на поверхности твердофазной матрицы за счет реализации химических реакций между функциональными группами твердого тела и подводимыми к ним реагентами в условиях максимального удаления от равновесия.

Схема процесса химической сборки наноструктур на поверхности твердого тела методом МН представлена на рис. [1].

Анализ имеющихся экспериментальных данных свидетельствует о том, что методом МН можно как синтезировать на поверхности твердофазной матрицы наноструктуры различного химического состава монослои, в том числе, многокомпонентные, так и осуществлять поатомную химическую сборку поверхностных нано-, микро- и макроструктур путем многократного чередования химических реакций по заданной программе. Подчеркнем, что главным требованием при проведении воспроизводимого синтеза по методу МН является осуществление различных стадий взаимодействия реагентов (AC_4 , AB_4 , NB_4 , NC_4 , MC_4) с функциональными группами (ФГ) твердого тела (В, С) в условиях максимального удаления от равновесия (см. рис.).

Эти слои могут быть активными, адсорбционными, водными, пограничными, контактными, диффузионными, барьерными, гидратированными, изоляционными, промежуточными и ионообменными.

Формирование наноструктур на поверхности твердых тел позволяет не только стабилизировать их состояние за счет, например, образования прочных химических связей с матрицей, но и придать необходимые функциональные свойства конечной многоуровневой структуре строи-

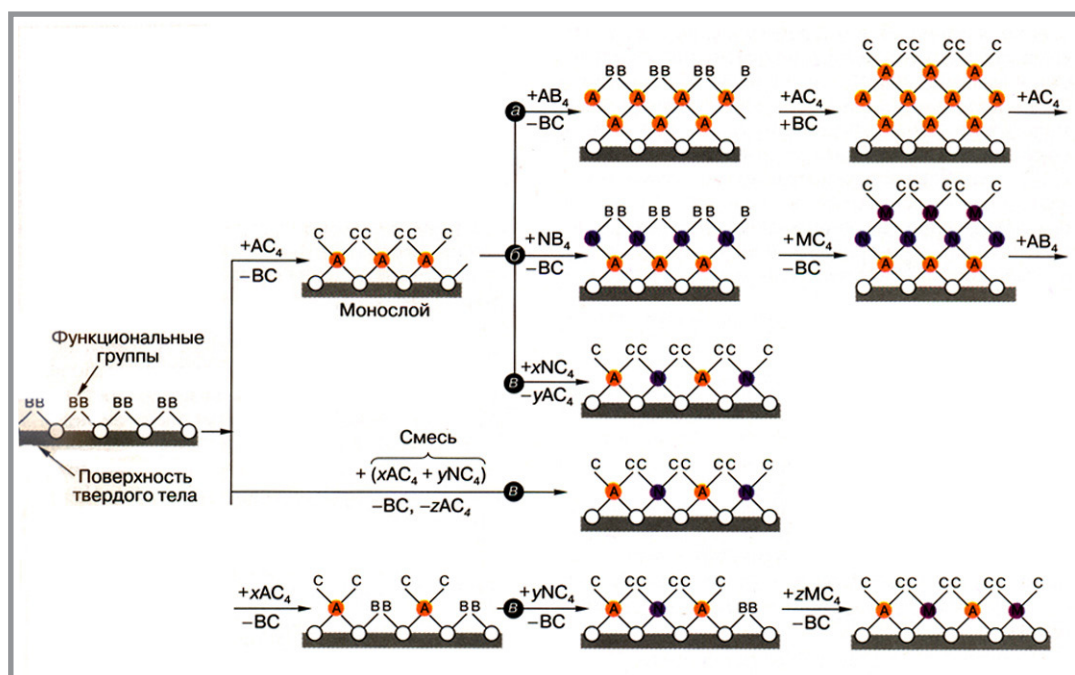


Рис. Нанотехнология молекулярного наслаивания (МН)

тельного конгломерата. То есть строительный композит, как макро-, микро-, так и наноразмерный с химически связанными на поверхности наноструктурами (в виде функциональных групп, кластеров, пленок и др.), фактически, представляет собой новое вещество с необходимыми атрибутами – заданным составом, строением и свойствами.

Исследование свойств продуктов, полученных методом МН, позволило обнаружить ряд фундаментальных закономерностей, отличающих новую технологию от традиционных приемов синтеза подобных структур:

- 1) эффект монослоя, т.е. резкое, скачкообразное изменение свойств матрицы после нанесения 1–4 монослоев новых структурных единиц;
- 2) эффект перекрывания подложки, когда образуется слой толщиной свыше 4–6 монослоев, физически экранирующий поверхность;
- 3) эффект взаимного согласования структуры поверхности подложки и наращиваемого слоя;
- 4) эффект многокомпонентной системы.

Инновационные направления работ по созданию строительных композитов многоуровневого строения с нанодобавками системы «снизу–вверх» [2–11]

Патент РФ № 2355656.

ООО «Научно-технический центр прикладных нанотехнологий» (RU)

Бетонная смесь, включающая цемент, наполнитель, базальтовое волокно и воду, отличается тем, что в качестве базальтового волокна смесь содержит волокно диаметром 8–10 мкм и длиной 100–500 мкм. Данное волокно модифицировано веществом, выбранным из группы, включающей полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа и многослойные углеродные нанотрубки. Такие углеродные наноструктуры имеют определённые характеристики: межслоевое расстояние 0,34–0,36 нм, средний размер частиц 60–200 нм и насыпную плотность 0,6–0,8 г/см³. Указанные наноструктуры вводят в количестве 0,0001–0,005 мас.ч. на одну массовую часть базальтового волокна. В качестве наполнителя смесь содержит компонент, выбранный из группы, включающей смесь гравия с песком и смесь гравия с алюмосиликатными микросферами. Дополнительно смесь содержит полинафталинметиленсульфонат натрия в качестве пластификатора при следующем соотношении компонентов, мас. % : цемент 24–48 / наполнитель 30–60 / модифицированное базальтовое волокно 2–6 / пластификатор 0,9–1,1.

Патент РФ № 2307809.

Сухая строительная смесь.

ООО «Органикс-Кварц»

Строительные материалы возможно изготовить на основе сухой гипсовой шунгитовой смеси с функциональными добавками. Такие материалы обладают оптимальными эксплуатационными характеристиками, заменяющими несколько разных строительных материалов с монособоятиями. Например, предлагаемые сухие гипсовые шунгитовые смеси обеспечивают защиту от электромагнитных излучений и антиэлектростатическую искробезопасность. Покрытие, выполненное из

предложенной гипсовой шунгитовой смеси, обладает повышенными адгезионными свойствами и вязкостью за счёт многоуровневой структуры.

Создание экологически безопасных покрытий зданий обеспечивается за счет применения в строительных смесях шунгитовых пород. Шунгит является уникальным природным минералом, содержащим аллотропную модификацию углерода – фуллерен.

Изучая различные добавки, ученые определили, что размер молекул в добавке является критическим в случае использования ее как диффузионного барьера. Большие молекулы, например, целлюлоза, увеличивают вязкость, но не улучшают диффузионный барьер. Маленькие молекулы размером менее, чем 100 нанометров, уменьшают скорость диффузии.

Нанодобавки могут быть напрямую смешаны со строительной смесью. Также получается лучший результат, если добавки замешаны в гипсобетон с влажными абсорбентами и мелким песком.

Модификация и оптимизация структуры контактной зоны между искусственным камнем и заполнителем

Патент РФ № 2233254.

Композиция для получения строительных материалов.

ЗАО «АСТРИН» СПб,

НИЦ 26 ЦНИ института Мин. обороны РФ

Нанокompозитная некорродирующая арматура в виде различных нанотрубок, в том числе переменного состава $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, со структурой хризотила применяется для фотодинамической самостерилизации композиции, повышения её устойчивости к биологической коррозии и улучшения физико-механических свойств конечного продукта.

Данная группа наноструктур есть комбинация из первых двух в целях создания синергического эффекта. Синергия означает совместное и однородное функционирование элементов системы «снизу–вверх» плюс «сверху–вниз».

Создание обычных и декоративных высокопрочных гипсов для реставрационных и отделочных работ [2–8, 10, 11]

Несомненный интерес представляет механохимическая технология получения цветного гипса. Процесс ведётся в две стадии. Сначала дроблёнку из кристаллического гипсового камня слегка орошаем водой, затем раздавливаем, измельчаем и окрашиваем кислотостойкими пигментами. Процесс происходит в секционных барабанах единственной виброцентробежной мельницы. Кристаллическая природа гипса сохраняется в любых размерах частиц и играет роль каркаса в получаемых пигментах.

На втором этапе порошкообразную смесь строительного полуводного белого или серого гипса и полученного механоактивированного пигмента подвергаем механоактивации, и цветной строительный гипс высокого качества получен. Пределов развития технологии не существует. Она подчиняется законам образования материи в вихревых потоках Вселенной.

При механоактивации целесообразно ввести в смесь «Frem nanopigs» по ТУ 5745-005-78356600-09. Это даст снижение водогипсового отношения и повышение в 3-6 раз прочностных характеристик получаемых гипсовых изделий и материалов, при дополнительных положительных эффектах: регулировании сроков схватывания, снижении водопоглощения, деформационных усадок, трещиноватости, повышении водостойкости, поверхностной твердости и адгезии к различным другим материалам.

Данная технология позволяет получать традиционные и цветные гипсы любого заданного цвета и открывать новую страницу в декоративной отделке фасадов и интерьеров зданий.

Модификация пластификаторов с целью управления реологическими свойствами строительных смесей

Патент РФ № 2233254.

ЗАО «АСТРИН» СПб, НИЦ 26 ЦНИ института Мин. обороны РФ

Изобретение относится к наномодифицированным составам на основе воздушных или гидравлических минеральных вяжущих матери-

алов, таких как гипс или его смеси, и может найти применение в промышленности строительных материалов при изготовлении гипсобетона, фиброгипсобетона, гипсоволокнистых строительных материалов, штукатурки, отделочных покрытий, в том числе лепнины.

Введение в сухие строительные смеси наноразмерных зародышей ставит своими целями направленную кристаллизацию гипсового камня за счёт динамического дисперсного самоармирования, управление подвижностью и водоредуцированием гипсобетонных смесей за счет модификации пластификаторов.

Анализируя рассмотренные выше исследования, можно сделать вывод, что в Российской Федерации продвинутые фирмы создали прецедент развития новых инновационных технологий в области строительства в части создания строительных композитов многоуровневого строения при введении нанодобавок типа «снизу–вверх».

Уважаемые коллеги!

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

Кузьмина В.П. Создание строительных композитов многоуровневого строения при введении нанодобавок типа «снизу–вверх» // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012, Том 4, № 5. С. 88–96. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (дата обращения: ____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Kuzmina V.P. Creation of building multilevel structured composites by introducing of nanoadditives of type «from below–upwards». Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2012, Vol. 4, no. 5, pp. 88–96. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (Accessed ____). (In Russian).

Библиографический список:

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. М.: Мир. 2002. 292 с.
2. Кузьмина В.П. Виброцентробежные мельницы для механоактивации полупродуктов ССС // Строительные материалы. 2007. № 5 // Technology. 2007. № 9. С. 2–5.
3. Патент РФ № 2182137. Сухая строительная смесь и способ ее получения / В.П. Кузьмина; Е.П. Крылов; И.В. Малыхин; Л.А. Колмакова; Т.Д. Игонина; заявл. 2000132250/03 от 2000.12.22; опубл. 2002.05.10. <http://www1.fips.ru/wps/portal/>
4. Кузьмина В.П. Нанобетоны в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. № 2. С. 71–80. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 15.06.2009).
5. Кузьмина В.П. Нанобетоны в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 1. С. 63–70. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 08.02.2010).
6. Кузьмина В.П. Наномодифицированные фибро-композиционные материалы // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 5. С. 89–98. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 11.10.2010).
7. Кузьмина В.П. Модификация композиционных материалов на основе вяжущих материалов // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 1. С. 89–96. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 11.01.2011).
8. Кузьмина В.П. Способ введения базальтового волокна в композиционные материалы // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 2. С. 59–64. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 23.01.2011).
9. Кузьмина В.П. Механизмы воздействия нанодобавок на цементные продукты // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 6. С. 89–95. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 08. 10.2011).
10. Кузьмина В.П. Механизмы воздействия нанодобавок на гипсовые продукты // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 3. С. 98–106. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 20. 05.2012).
11. Кузьмина В.П. Способы введения и механизмы воздействия нанодобавок на строительные материалы // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 4. С. 98–106. Гос. регистр. № 0421200108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 28. 05.2012).

References:

1. Nanotechnology in the nearest decade. The forecast of investigation areas. Moscow. Mir. 2002. 292 p.
2. *Kuzmina V.P.* Vibrocentrifugal mills for mechanical activation of preproducts for dry building mixes // Building Materials. 2007. № 5 // Technology. 2007. № 9. P. 2–5.
3. Patent of the Russian Federation № 2182137. Dry building mix and the way of its reception / V.P. Kuzmina, E.P. Krilov; I.V. Malichin; L.A. Kolmakova; T.D. Igonina; the declared 2000132250/03 от 2000.12.22; published 2002.05.10. <http://www1.fips.ru/wps/portal/>
4. *Kuzmina V.P.* Nanoconcretes in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2009. № 2. P. 71–80. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 15.06.2009).
5. *Kuzmina V.P.* Nanoconcretes in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2010. №1. P. 63–70. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 08.02.2010).
6. *Kuzmina V.P.* Nanomodified fiber composite materials // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2010. №5. P. 89–98. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 11.10.2010).
7. *Kuzmina V.P.* Modification of composite materials on the basis of binder materials // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011. №1. P. 89–96. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 11.01.2011)
8. *Kuzmina V.P.* Method for introducing basalt fiber into composite materials // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011. №2. P. 59–64. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 23.01.2011).
9. *Kuzmina V.P.* Mechanism of nanoadditives influence on cement products // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011. №6. P. 89–95. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 08.10.2011).
10. *Kuzmina V.P.* Mechanisms of nanoadditives influence on gypsum products // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. №3. P. 98–106. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 20.05.2012).
11. *Kuzmina V.P.* The ways of nanoadditives introduction and mechanisms of their influence on building materials // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2012. №4. P. 98–106. St. register. 0421200108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 28.05.2012).

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 620.179.1.082.658.58

ИВАСЬШИН Генрих Степанович, д-р техн. наук, проф., академик Российской инженерной академии, руководитель псковского отделения РИА, Россия
ФГБОУ ВПО «Псковский государственный университет»

IVASYSHIN Henrich Stepanovich, Doctor of Engineering, Professor, Academician of Russian Engineering Academy, Head of Pskov Branch of REA, Russian Federation
Pskov State University

КВАНТОВЫЙ ПУТЬ В НОВУЮ ЭРУ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНТРОПИИ. ПРИЛОЖЕНИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ. Часть II

QUANTUM WAY TO THE NEW ERA OF ENTROPY MEASUREMENTS. APPLICATIONS OF QUANTUM MECHANICS. Part II

Рассматриваются трибофизические модели на основе реализации углеродно-азотного и протон-протонного циклов холодного ядерного синтеза, в результате которых в зоне трения (внутреннего и внешнего) водород превращается в гелий. Обсуждаются возможности получения конкурентоспособных технологий на основе научных открытий (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302, Диплом № 392, Диплом № 404) и квантовой теории трения.

Tribophysical models on the basis of realization of the carbon-nitrogen and proton-proton cycles of cold nuclear fusion resulting in a formation of helium from hydrogen in the friction zone (internal and external) are considered. The opportunities of obtaining competitive technologies based on scientific investigations (Diploma № 258, Diploma № 277, Diploma № 289, Diploma № 302, Diploma № 392, Diploma № 404) and quantum friction theory are discussed.

Ключевые слова: холодный ядерный синтез, гелиевое изнашивание, управление трением, углеродно-азотный цикл, протон-протонный цикл, сверхтекучесть гелия, квантовая теория трения, нанотрибология, энтропия, динамическая твердость, относительная износостойкость металлов.

Key words: cold nuclear fusion, helium wear, friction control, carbon and nitrogen cycle, proton-and-proton cycle, helium superfluidity, quantum friction theory, nanotribology, entrophy, dynamic rigidity, relative wearability of metals.

Обобщение основных направлений развития взглядов на природу изнашивания изложено в работах **Боудена Ф.** и **Тэйбора Д.** (адгезионно-деформационная природа изнашивания), **Крагельского И.В.** и **Фляйшера Г.** (усталостная и энергетическая природа изнашивания), **Костецкого Б.И.** (физико-химический подход к процессам изнашивания), **Хрущова М.М.** и **Тененбаума М.М.** (абразивная природа изнашивания) [18, 22].

Чичинадзе А.В. создано и развивается новое научное направление в трибологии: тепловая динамика трения и износа фрикционных пар при сухом трении и граничной смазке. Исследованию энергетических соотношений при внешнем трении металлов посвящена работа **Дубинина А.Д.** **Дубинин А.Д.** показал, что при относительном движении тел происходит непрерывное сочетание относительного покоя и относительного движения, т.е. **проявляется синтез прерывности и непрерывности движения** [2].

Необходимо отметить, что основные направления развития взглядов на природу изнашивания базируются на квантовом подходе к исследованию микро- и нанотрибологических процессов.

Приложения квантовой механики

«...Квантовая механика (волновая механика) – теория, устанавливающая способ описания и законы движения микрочастиц (элементарных частиц, атомов, молекул, атомных ядер) и их систем (например, кристаллов), а также связь величин, характеризующих частицы и системы с физическими величинами, непосредственно измеряемыми на опыте...» [27].

«... Близорукий австрийский физик Людвиг Больцман (1844-1906) прозревал природу вещества дальше любого из своих современников, до тех пор, пока не бросил свою жизнь в лицо их непониманию и отвержению его идей и повесился. Он показал, что энтропия есть мера беспорядка: чем больше беспорядок, тем больше энтропия. Твердое тело, с его аккуратно упакованными рядами молекул, более упорядочено, чем жидкость, с её тесно упакованными, но довольно подвижными молекулами, и твердое тело имеет более низкую энтропию, чем жидкость, в которую оно расплавилось. Газ с его свободно летающими молекулами более беспорядочен, чем жидкость, и газ имеет более высокую энтропию, чем жидкость, из которой он испаряется. Изменение энтропии сопровождается как нагревание, так и изменение физического состояния...»

«... Энтропия возрастает, когда термический беспорядок вещества становится больше из-за увеличения термического движения атомов. Энтропия также возрастает, когда увеличивается позиционный беспорядок, диапазон возможных положений атомов...»

«... Возрастание энтропии отражает возрастание беспорядка в мире, ухудшение качества его энергии, сохраняющей свою величину...»

«... Локализованные, упорядоченные вещество и энергия стремятся рассеяться. Атомы своим случайным покачиванием стремятся переселиться в новые ниши; энергия случайных качаний уходит, когда атомы толкают своих соседей. Естественным направлением изменений являются всё больший беспорядок, будь это беспорядок в локализации вещества или беспорядок в локализации энергии, позиционный или тепловой беспорядок. Порядок естественным путём распадается в беспорядок; энергия портится и рассеивается. Нравится нам это или нет, но мир становится все хуже...» [29]

Энергия изменяется не непрерывно, а испускается дискретными порциями – квантами, к такому выводу Макс Планк пришел в 1900 г. Чтобы найти энергию кванта E , надо умножить частоту колебания волны ν на постоянную величину, константу h , т.е.

$$E = h\nu. \quad (1)$$

Постоянная Планка h – фундаментальная физическая константа, определяющая широкий круг физических явлений, для которых существенна дискретность величин с размерностью действия. Постоянная Планка перебрасывает мост между микро- и макромиром благодаря известному соотношению $E = h\nu$, связывающему энергию и частоту излучения.

Из формулы (1) постоянную Планка можно представить в виде

$$h = E/\nu. \quad (2)$$

Развивая идею Планка, Эйнштейн предположил в 1905 г., что свет не только испускается в виде порций энергии $E = h\nu$, но и поглощается такими же порциями (позднее эти порции стали называться фотонами).

Механика контакта, обусловленная сближением, предварительным смещением, фрикционными связями, физико-механическими характеристиками, пространственным положением, ответственна за изменение относительной износостойкости материала.

Согласно [20, 21] относительная износостойкость определяется формулой

$$\varepsilon = cHI, \quad (3)$$

где c – постоянная; $c = 13,8 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{Н}$ для оттоженной стали; HI – динамическая твердость [20].

Согласно [20] динамическая твердость определяется формулой

$$HI = N/\Delta Y, \quad (4)$$

где N – нагрузка; ΔY – упругое последствие.

Динамическая твердость HI перебрасывает мост между микро- и макромиром благодаря известному соотношению $N = HI\Delta Y$ [20], связывающему нагрузку и упругое последствие.

Сравнивая структуру зависимости (2) для определения постоянной Планка h и структуру формулы (4) для определения динамической твердости HI , можно сделать выводы:

- 1) величины, стоящие в числителях формул (2) и (4) имеют с физической точки зрения одинаковую энергетическую (квантовую) природу.
- 2) частота ν в формуле (2) и упругое последствие ΔY в формуле (4) являются характеристиками волновых процессов (материальные частицы ведут себя как волны).

Количественной мерой внешнего трения является сила трения F_T .

С учетом (4) закон линейной зависимости силы трения F_T от нагрузки N ($F_T = f \cdot N$, где f – коэффициент трения) можно представить в виде

$$F_T = fHI \cdot \Delta Y. \quad (5)$$

В структуре динамической теории Бершадского Л.И. фундаментальным является не силовое, а диссипативное (структурно-энерге-

тическое) представление. Сила трения проявляется как одна из реакций трибосистемы на возникновение диссипативного потока, причем принципиально она является запаздывающей. Запаздывающий характер силы трения объясняется также тем фактом (4), что упругое последствие (по определению) является задержанной во времени упругой деформацией. Зависимость (5) подтверждает то, что сила трения F_T проявляется как одна из реакций трибосистемы на возникновение диссипативного потока.

«...По мере развития науки нам хочется получить нечто большее, чем просто формулу. Сначала мы наблюдаем явление, затем с помощью измерений получаем числа и, наконец, находим закон, связывающий эти числа. Но истинное величие науки состоит в том, что мы можем найти такой способ рассуждения, при котором закон становится очевидным...» [18, 22].

Движение дислокаций – это термоактивированный процесс. Макропоследствия, микропоследствия, субмикропоследствия обладают аддитивными свойствами. Тем более что макроскопические свойства материала (ν , E , G), зависящие от упругого последствия, выявленные с помощью чувствительных приборов, представляют собой свойства большого собрания атомов, молекул (по Ахматову А.С. каждая молекула может являться объектом одновременного притяжения со стороны своих соседей, которые аддитивно складываются из сил парных взаимодействий).

Научные открытия [12–17] дают возможность аргументировать то, что **упругое последствие и физическая энтропия имеют одинаковую природу**. А также обосновать существование функциональной зависимости между упругим последствием ΔY и термодинамической вероятностью W данного состояния триботехнической системы.

Аддитивности упругих последствий соответствует умножение термодинамических вероятностей состояния отдельных частей триботехнической системы. Из всех математических функций такими свойствами обладают только логарифмы.

Таким образом, упругое последствие ΔY должно быть пропорционально логарифму термодинамической вероятности W :

$$\Delta Y = i \ln W, \quad (6)$$

где i – постоянная.

С позиций синергетики процессы упругого последействия материала пары трения – самоорганизующиеся процессы. Кооперирование упругих последействий протекает на основе их аддитивных свойств. Процесс самоорганизации идет обязательно с участием большого числа упругих последействий. Кооперирование упругих последействий представляет собой автоматический процесс. Синергетический подход дает возможность глубже изучить объективно существующие существенно устойчивые связи между упругими последействиями, одновременно протекающими в одном и том же теле.

Учитывая аддитивные свойства упругого последействия (макропоследействия, микропоследействия и субмикропоследействия) на основе синергетики в объемных и поверхностных частях прецизионной пары трения, **возможно целенаправленно управлять изнашиванием.**

«...Понятие энтропии ввел и представил количественно точно в 1856 г. **Рудольф Клаузиус** в ходе разработки своей формулировки Второго Начала термодинамики. Он ввел его, определив изменение энтропии, которое имеет место, когда энергия поступает в систему в виде тепла...» [29].

Клаузиус Р. записал:

$$\text{Изменение энергии} = \frac{\text{энергия, полученная в виде тепла}}{\text{температура, при которой произошла передача}}.$$

Австрийский физик **Людвиг Больцман** (1844–1906) показал, что энтропия есть мера беспорядка: чем больше беспорядок, тем больше энтропия.

Связь между энтропией системы S и термодинамической вероятностью состояния W дает знаменитая формула Л. Больцмана

$$S = k \ln W, \quad (7)$$

где k – постоянная Больцмана.

Представление зависимостей (6) и (7) в виде системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y &= i \ln W \\ S &= k \ln W \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

дает возможность сделать следующие выводы:

1. энтропия и упругое последствие возрастают, когда «...термический беспорядок вещества становится больше из-за увеличения термического движения атомов...»;
2. энтропия и упругое последствие возрастают, когда «...увеличивается позиционный беспорядок, диапазон возможных положений атомов...»;
3. упругое последствие может служить мерой энтропии вещества. Согласно квантовой механике, энтропия будет изменяться не только при изменении температуры, но и при изменении частоты ν .

Наивысшую частоту колебаний можно выразить через массу грамм-атома M , модуль упругости E , числа Авогадро N_A и межатомное расстояние b

$$\nu \approx \sqrt{\frac{Eb}{M/N_A}}. \quad (9)$$

Польский ученый профессор **Дитрих Я.** считает, в частности, что «... для изготовления технических средств необходимы запасы материи. Неэффективное использование материи в итоге приведет человечество к катастрофическим последствиям. Возможности использования материи постепенно уменьшаются, так как существует явление возрастания энтропии. Рассеивание материи приводит к уменьшению ее разнообразия с точки зрения структуры. Современные процессы производства и эксплуатации способствуют необратимому смещению видов материи, например, рассеянию железа и некоторых других металлов, вызываемому коррозией, процессу фактически необратимому. Особенно **непростительно в наше время рассеяние энергии, что становится причиной многих экологических и экономических трудностей**» [1].

Известно, что самопроизвольные процессы в изолированной системе происходят в направлении увеличения энтропии, беспорядка.

В подтверждении этого факта **Ферми Э.** приводит, в частности, следующий пример:

«...Рассмотрим выделение теплоты при трении. Этот необратимый процесс также приводит к увеличению энтропии. Часть системы, которая нагревается при трении, получает положительное количество теплоты, и её энтропия увеличивается. Так как теплота получается из работы, а не от других частей системы, то это увеличение энтропии не компенсируется уменьшением энтропии и других частей системы» [28].

Используя статистические соображения Больцмана, Ферми Э. делает вывод о том, что «...наиболее устойчивое состояние системы будет состоянием с наибольшей вероятностью, совместимой с полной энергией системы» [28].

Выводы

1. Предлагаемые трибофизические модели составляют феноменологические основы квантовой теории трения, сверхпластичности и сверхпроводимости.

Созданные трибофизические модели (научные открытия – Дипломы № 258, № 277, № 289, № 302) – феномен биокomпьютерных технологий.

Методология создания научных открытий (биокomпьютерных технологий) является одним из направлений совершенствования правого полушария мозга, методологией создания нового типа людей, обладающих возможностью работать не в трех, а в четырех измерениях.

2. Приложения квантовой механики (феноменологической квантовой теории трения, сверхпластичности и сверхпроводимости) в той или иной форме могут быть использованы при изготовлении сложных крупногабаритных деталей авиационно-космической техники, а также в электроэнергетике.

3. Изменение представлений о физических эффектах (диффузии, пьезомагнитном эффекте, фотоэлектрическом эффекте, фотоупругом эффекте и т.д.) сопровождающих трение, может быть использовано при создании конкурентоспособных технологий в области водородной энергетики, криогенной и космической техники. Это возможно за счет учета дополнительного тренда выходных параметров вследствие аддитивности упругого последействия (Диплом № 258), аддитивности магнитного последействия (Диплом № 277), аддитивности диффузионного магнитного последействия (Диплом № 289), аддитивности водородного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения (Диплом № 302).

На основе научных открытий (Диплом № 258, № 277, № 289, № 302) изменяются, в частности, представления об известных фотоэлектрическом эффекте и фотоупругом эффекте [26].

Фотоэффект – явление квантовое, необъяснимое в рамках классической физики. Фотоэффект нашёл широкое применение в науке и технике. На явлении внешнего фотоэффекта основано действие эмиссионных фотоэлементов.

Наряду с внешним фотоэффектом существует еще внутренний фотоэффект, при котором выбитые из атомов электроны остаются внутри вещества и регистрируются по повышению электропроводности.

4. Имея в виду то, что нейтроны лучше всего задерживаются веществами, содержащими много водорода (нейтрон при одном столкновении с протоном теряет в среднем половину своей энергии [19]), представляется возможным заключить, что **трибофизическая модель [3] обуславливает эффективную реализацию «безнейтронных» реакций ХЯС, а также обеспечивает создание технологий для замедления нейтронов, в т.ч. тепловых нейтронов, которые излучает ядерный реактор.**

5. Целенаправленное управление трибоплазмой может быть обеспечено на основе научных открытий – **Диплом № 392 и Диплом № 404.**

6. Известную **формулу Планка $E = h\nu$** , лежащую в основе квантовой теории, а также известное **уравнение Больцмана $S = k \ln W$** , устанавливающего связь между вероятностью данного состояния и её энтропией, представляется возможным **аппроксимировать зависимостью $N = iHI \ln W$** , имеющей мультипликативный эффект в плане дальнейшего развития квантовой теории, например, квантовой теории трения и её приложений квантовой механики (от компьютеров до мобильных телефонов, радиоприемников, CD-плееров и телевизоров), а также интерпретации энтропии.

Чтобы найти импульс (квант) силы N надо умножить упругое последствие ΔY (задержанную во времени упругую деформацию атомов) на постоянную величину, константу HI . Квант силы должен быть пропорционален логарифму термодинамической вероятности W .

7. Использование водорода в качестве топлива в автомобильном двигателе, а также развитие водородной энергетики актуализирует создание наноматериалов на основе научных открытий (**Диплом № 277, Диплом № 302**), а также научного открытия (**Диплом № 289**) для пар трения с гелиевым изнашиванием в микро- и нанотрибосистемах с возможностью подавления водородного изнашивания на основе реализации протон-протонного цикла (эффекта) и углеродно-азотного цикла

(эффекта), в результате которых в зоне трения водород превращается в гелий.

8. Предлагаемые микро- и нанотрибологические модели – научные открытия (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302) составляют феноменологические основы квантовой теории трения, сверхпластичности, сверхпроводимости, фотонной энергетики и холодного ядерного синтеза [3, 4, 5,6].

9. Адекватной сигнатурой проявления (реализации) холодного ядерного синтеза в парах трения является образование (регистрация) гелия. Создание материалов с гелиевым изнашиванием даст возможность целенаправленно управлять не только трением, но и холодным ядерным синтезом.

10. Имея ввиду то, что все физические системы стремятся к состоянию с минимальной энергией и будут переходить от состояния менее вероятных к более вероятным, представляется возможным не только предсказать направление и скорость движения электронов проводимости в сверхпроводнике, созданном на основе нанотрибологической модели сверхпроводимости, но и создать адекватные физические модели.

Уважаемые коллеги!

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

Ивасьшин Г.С. Квантовый путь в новую эру измерения энтропии. Приложения квантовой механики. Часть II // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012, Том 4, № 5. С. 98–111. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (дата обращения: __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Ivasyshin H.S. Quantum way to the new era of entropy measurements. Applications of quantum mechanics. Part II. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2012, Vol. 4, no. 5, pp. 98–111. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_5_2012.pdf (Accessed __ __ __). (In Russian).

Библиографический список:

1. *Дитрих Я.* Проектирование и конструирование: Системный подход. Пер. с польского М.: Мир. 1981. 456 с.
2. *Дубинин А.Д.* Энергетика трения и износа деталей машин. М.: Машгиз. 1963. 140 с.
3. *Ивасышин Г.С.* Нанотехнологии, перспективные в области водородной энергетики / Материалы XIV Международной научно-методической конференции «Высокие интеллектуальные технологии и инновации в образовании и науке». 14–15 февраля 2007. СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2007. С. 256–257.
4. *Ивасышин Г.С.* Нанотрибологический форсайт и сверхпроводимость. // Межотраслевой альманах. Деловая слава России. М.: Славица. 2010. II вып. С. 112–113.
5. *Ивасышин Г.С.* Наука не стоит на месте. // Межотраслевый альманах. Деловая слава России. М.: Славица. 2010. IV вып. С. 35–51.
6. *Ивасышин Г.С.* Научные открытия в микро- и нанотрибологии. Феноменологические основы квантовой теории трения // Нанотехнологии в строительстве: Научный интернет-журнал. 2010. № 4. С. 35–51.
7. *Клявин О.В.* Физика пластичности кристаллов при гелиевых температурах. М.: Наука. 1987. 255 с.
8. *Колесников В.И.* Цели и задачи журнала «Трение и смазка в машинах и механизмах» / Ю.М. Лужнов, А.В. Чичинадзе // Приложение к журналу «Сборка в машиностроении, приборостроении». 2005. № 1 (7). С. 3–7.
9. *Кужанова Н.И.* Стратегия эволюции человечества в условиях экологического кризиса // Труды Псковского политехнического института. СПб.: Изд-во СПбГТУ. 1997. № 1. С. 226–227.
10. *Лапшин А.В.* Заочная аттестация – феномен биокомпьютерных технологий. Инновации. 2003 г. С. 127–128.
11. *Машков Ю.К.* Трение и модифицирование материалов трибосистем / К.И. Полещенко, С.Н. Поворознюк, П.В. Орлов. М.: Наука. 2000. 280 с.
12. Научное открытие (Диплом № 258). Закономерность аддитивности упругого последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2004.
13. Научное открытие (Диплом № 277). Закономерность аддитивности магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов. / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2005.
14. Научное открытие (Диплом № 289). // Закономерность аддитивности диффузионного магнитного последствия в объемных частях и поверхностных слоях

пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов. / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2005.

15. Научное открытие (Диплом № 302). // Закономерность аддитивности водородного магнитного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения из ферромагнитных материалов и сплавов. / Г.С. Ивасышин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2006.
16. Научное открытие (Диплом № 392). Закономерность изменения энтропии термодинамического последействия триботехнической системы / Г.С. Ивасышин, М.М. Радкевич, С.Г. Чулкин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2010.
17. Научное открытие (Диплом № 404). Закономерность аддитивности температурного последействия в объемных частях и поверхностных слоях пар трения / Г.С. Ивасышин, М.М. Радкевич, С.Г. Чулкин. М.: РАЕН, МААНОиИ. 2010.
18. Основы трибологии (трение, износ, смазка): уч. для техн. вузов. 2-е изд., переработ. и доп. / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др. М.: Машиностроение. 2001. 664 с.
19. Радиационная стойкость материалов радиотехнических конструкций (справочник). М.: Сов. радио. 1978. 568 с.
20. NSU 1381367 А 1 М К И G01 N3/48. Способ определения динамической твёрдости / Г.С. Ивасышин. 1988. Бюл. № 10.
21. NSU 1619134 А 1 М К И G01 №3/56. Способ оценки относительной износостойкости металлов / Г.С. Ивасышин. 1991. Бюл. № 1.
22. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др. М.: Машиностроение. 2003. 576 с.
23. Трибология: исследования и приложения: опыт США и стран СНГ. М.: Машиностроение; Нью-Йорк: Аллертон-пресс. 1993. 452 с.
24. Трифилова А.А., Коршунов И.А. Современный инновационный менеджмент. Инновации. 2003 г. С. 85–90.
25. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Лейтон, М. Сэндс. Пер. с англ. М.: Мир. 1977. Т. 7. 288 с.
26. Физические эффекты в машиностроении: справочник / В.А. Лукьянец, З.И. Алмазова, Н.П. Бурмистрова и др. М.: Машиностроение. 1993. 224 с.
27. Физический энциклопедический словарь. / Гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Мир. 1986. 384 с.
28. Чолаков В. Нобелевские премии. Учёные и открытия. Пер. с болг. М.: Мир. 1986. 368 с.
29. Эткинз П. Десять великих идей науки. Как устроен наш мир / Питер Эткинз. Пер. с англ. М.: АСТ: Астрель. 2008. 384 с.
30. Ханс Оханьян. Эйнштейн: настоящая история великих открытий. М.: Эксмо. Пер. с англ. 2009. 384 с.

References:

1. *Ditrieck J.* Design and Engineering: Sistem approach. Moscow: Mir. 1981. 456 p.
2. *Dubin A.D.* Power engineering of friction and machinery wear. Moscow: Mashgiz. 1963. 140 p.
3. *Ivasyshin H.S.* Nanotechnologies, perspective in the field of hydrogen power engineering / Proceedings of XIV International Scientific and Methodological Conference «High intellectual technologies and innovations in education and science». 14–15 February 2007. Saint-Petersburg: publishing house of Politechnical University. 2007. P. 256–257.
4. *Ivasyshin H.S.* Nanotribological foresight and superconductivity // Interindustrial anthology. Business fame of Russia. Moscow: Slavitsa. 2010. Iss. II. P. 112–113.
5. *Ivasyshin H.S.* Science is always in progress // Interindustrial anthology. Business fame of Russia. Moscow: Slavitsa. 2010. Iss. IV. P. 35–51.
6. *Ivasyshin H.S.* Scientific discoveries in micro- and nanotribology. Phenomenological fundamentals of quantum friction theory. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. 2010. № 4. P. 35–51.
7. *Klyavin O.V.* Physics of crystals plasticity under helium temperatures. Moscow: Nauka. 1987. 255 p.
8. *Kolesnikov V.I.* The aims and the tasks of the journal «Friction and lubrication in engineering and mechanisms» / L.Yu. Luzhnov, A.V. Chichinadze. Supplement to the journal «Assembling in mechanical engineering and instrument making». 2005. № 1 (7). P. 3–7.
9. *Kuzhanova N.I.* The strategy of mankind evolution under the ecological crisis. Proceedings of Pskov politechnical institute. Saint-Petersburg. 1997. P. 226–227.
10. *Lapshin A.V.* Correspondence certification – phenomenon of biocomputer technologies. Innovations. 2003. P. 127–128.
11. *Mashkov Yu.K.* Friction and modification of tribosystem materials / K.I. Poleschenko, S.N. Povoroznyuk, P.V. Orlov. Moscow: Nauka. 2000. 280 p.
12. Scientific discovery (Diploma № 258). Regularity of elastic aftereffect additivity in the volume parts and superficial layers of friction pairs / H.S. Ivasyshin. Moscow: RAEN. 2004.
13. Scientific discovery (Diploma № 289). Regularity of magnetic aftereffect additivity in the volume parts and superficial layers of friction pairs made from ferromagnetic materials / H.S. Ivasyshin. Moscow. RAEN. 2005.
14. Scientific discovery (Diploma № 289). Regularity of diffusion magnetic aftereffect additivity in the volume parts and superficial layers of friction pairs made from ferromagnetic materials and alloys / H.S. Ivasyshin. Moscow: RAEN. 2005.

15. Scientific discovery (Diploma № 302). Regularity of hydrogen magnetic aftereffect additivity in the volume parts and superficial layers of friction pairs made from ferromagnetic materials and alloys / H.S. Ivasyshin. Moscow: RAEN. 2006.
16. Scientific discovery (Diploma № 392). Regularity of changes of entropy of triboengineering system's thermodynamic aftereffect / H.S. Ivasyshin, M.M. Radkevich, S.G. Chulkin. Moscow: RAEN. 2010.
17. Scientific discovery (Diploma № 404). Regularity of temperature aftereffect additivity in the volume parts and superficial layers of friction pairs / H.S. Ivasyshin, M.M. Radkevich, S.G. Chulkin. Moscow: RAEN. 2010.
18. The principles of tribology (friction, wear, lubrication): textbook for higher education. Second edition / A.V. Chichinadze, E.D. Brown, N.A. Bouche et al. Moscow: Mashinostroenie. 2001. 664 p.
19. Radiation resistance of radio structure materials (hand-book). Moscow: Sov.radio. 1978. 568 p.
20. NSU 1381367 A 1 M K И G01 N3/48. The method for determination of dynamic hardness / H.S. Ivasyshin. 1988. Bul. № 10.
21. NSU 1619134 A 1 MK И G01 №3/56. The method of evaluation of metal relative wear resistance / H.S. Ivasyshin. 1991. Bul. № 1.
22. Friction, wear and lubrication (tribology and triboengineering) / A.V. Chichinadze, E.D. Brown et al. Moscow: Mashinostroenie. 2003. 576 p.
23. Tribology: researches and applications: experience of USA and Commonwealth Independent States. Moscow: Mashinostroenie; New-York; Allerton-press. 1993. 452 p.
24. *Trifilova A.A., Korshunov I.A.* Modern innovative management. Innovations. 2003. P. 85–90.
25. Feinman R. Feinman's lectures on the physics / R. Leiton, M. Sands. Moscow: Mir. 1997. V. 7. 288 p.
26. Physical aspects in the mechanical engineering: hand-book / V.A. Lukianez, Z.I. Almazova, N.P. Burmistrova et al. Moscow: Mashinostroenie. 1993. 224 p.
27. Physical encyclopaedic dictionary. Moscow: Mir. 1986. 384 p.
28. *Cholakov V.* Nobel rewards. The scientists and discoveries. Moscow: Mir. 1986. 368.
29. *Etkins P.* Ten great ideas of the science. How our world is organized. Moscow: Astrel. 2008. 384 p.
30. *Okhanyan Kh.* Einstein: the true history of the great discoveries. Moscow: Mir. 2009. 384 p.

Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации

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

Общие требования

1. Авторы представляют в редакцию:

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

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

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

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

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

5. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

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

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

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

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

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

Приложение 1**Правила оформления материалов**

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

1. Текст статьи.

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

2. Графическое оформление статьи.

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

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

3. Оформление модулей.

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

Приложение 2

Структура статьи

УДК

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

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

Заглавие (на русском языке)

Заглавие (на английском языке)

Аннотация (на русском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова (на русском языке)

Ключевые слова (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

Текст статьи (на английском языке)*

Контактная информация для переписки (на русском языке)

Контактная информация для переписки (на английском языке)

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

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

* для авторов из-за рубежа

Приложение 3**Оформление библиографических ссылок**

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

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

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

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

3. *Смирнов В.А., Королев Е.В., Иноземцев С.С.* Стохастическое моделирование наноразмерных систем // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2012. № 1. С. 32–43. Гос. регистр. № 0421200108. URL: [http //www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 22.03.2012).

Публикации в номерах:

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

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

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

2012 года – с номером государственной регистрации в НТЦ «Информрегистр» (Гос. регистр. № 0421200108).

2. Описание книги одного автора

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

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

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

3. Описание книги четырех и более авторов

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

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

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

4. Описание статьи из журнала

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

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

5. Описание статьи из продолжающегося издания

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

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

6. Описание статьи из неперiodического сборника

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

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

7. Описание статьи из многотомного издания

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

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

8. Описание диссертаций

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

9. Описание авторефератов диссертаций

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

10. Описание депонированных научных работ

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

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

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

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

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

12. Описание отчетов о НИР

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

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

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

Пат. 4194039 США, МКИ3 В 32 В 7/2. В 32 В 27/08. Multi-lauer polvolefin shrink film / W.B. Muelier; W.K. Grace & Co. №896963; заявл. 17.04.78; опубл. 18.03.80. 3 с.

Приложение 4

Структура рецензии на статью

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

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

Редакция

Главный редактор

доктор техн. наук, профессор Б.В. Гусев

Шеф-редактор

Ю.А. Евстигнеева

Консультанты:

доктор техн. наук, профессор И.Ф. Гончаревич

канд. техн. наук В.П. Кузьмина

Журналисты:

И.А. Жихарева

Ю.Л. Липаева

Дизайн и верстка

А.С. Резниченко

Перевод

С.Р. Муминова

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

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



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

- номер государственной регистрации 0421000108 (действителен в течение 2010 г.);
- номер государственной регистрации 0421100108 (действителен в течение 2011 г.);
- номер государственной регистрации 0421200108 (действителен в течение 2012 г.).

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

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

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

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

Учредитель и издатель журнала
ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»

Дата опубликования
20 октября 2012 г.

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

МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ДОСТУПА К ИЗДАНИЮ:

Windows

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

Macintosh

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